A programação em código de máquina não é usual, mas, para melhor resolução de determinados problemas, é vantajoso compreender como se pode utilizar essa linguagem. Ajudar o leitor nessa tarefa é o objectivo desta obra que, numa primeira parte, explica as instruções de Z80 Assembler e, numa segunda parte, trata da aplicação prática dessas instruções. O leitor encontrará aqui tabelas, programas e indicações para a manipulação do código de máquina, tendo todos os programas sido testados pelo próprio autor.

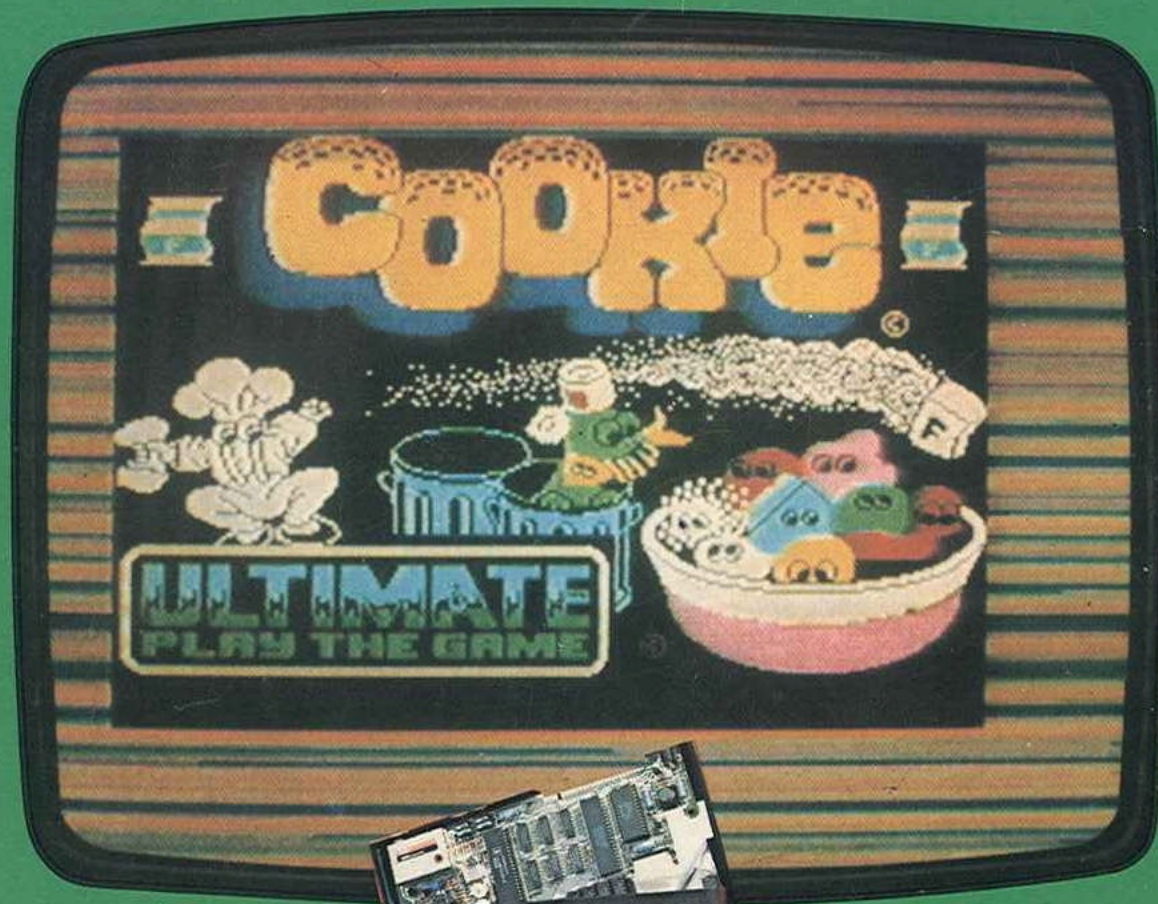
EDITORIAL PRESENÇA

Z80 Assembler Para o ZX SPECTRUM

154

JOÃO PAULO FRAGOSO

Z 80 ASSEMBLER PARA O ZX SPECTRUM

iniciação ao código de máquina

TEMPOS LIVRES

CULTURA E TEMPOS LIVRES

1. ABC do Xadrez, *Petar Trifunovitch* e *Sava Vukovitch*
4. ABC do Bridge, *Pierre Jais* e *H. Lahana*
5. Guia Prático de Fotografia, *W. D. Emanuel*
6. ABC do Judo, *E. J. Harrison*
7. Como Fazer Cinema, *Paul Petzold*
8. Bridge Moderno *Pierre Jais* e *H. Lahana*
9. Fotografia — Técnicas e Truques, *Edwin Smith*
10. ABC dos Estilos - da Arquitectura ao Mobiliário, *A. Aussel*
11. Fotografia — Técnicas e Truques, *Edwin Smith*
12. A Pesca Submarina, *António Ribera*
13. Teoria dos Finais de Partida, *Yuri Averbach*
14. Aprenda Rádio, *B. Fighiera*
15. Guia do Cão, *Louise Laliberté-Robert* e *Jean-Pierre Robert*
16. ABC do Aquário, *Anthony Evans*
17. Iniciação à Electricidade e Electrónica, *Fernand Huré*
18. Os Transístores, *Fernand Huré*
19. Karaté, I, *Albrecht Pflüger*
20. Iniciação ao Radiocomando dos Modelos Reduzidos, *C. Péricone*
21. Construa o seu Receptor, *B. Fighiera*
22. Montagens Electrónicas, *B. Fighiera*
23. O Berbequim Eléctrico, *Villy Dreier*
24. Cactos, *J. Nilaus Jensen*
25. Iniciação à Alta Fidelidade, *Peter Turner*
26. O Aquário de Água Doce, *Paulo de Oliveira*
27. ABC do Ténis, *Fonseca Vaz*
28. Karaté, II, *Albrecht Pflüger*
29. ABC da Criação de Canários, *Curt Af Enehjelm*
30. Ginástica Feminina, *Sonja Helmer Jensen*
31. Cartomancia, *Rhea Koch*
32. Calculadoras Electrónicas de Bolso, *E. Dam Ravn*
33. O Pastor Alemão, *Gilles Legrand*
34. Xadrez — Teoria do Meio Jogo I, *Bondarevsky*
35. Manual do Super 8, I, *Myron A. Matzkin*
36. ABC da Criação de Periquitos, *Cyril H. Rogers*
37. O Livro dos Gatos, *Barbel Gerber* e *Horst Bielfeld*
38. Manual do Super 8, II, *Myron A. Matzkin*
39. ABC do Mergulho Desportivo, *Walter Mattes*
40. Circuitos Integrados/Aplicações Práticas, *F. Bergtold*
41. A Apicultura, *H. R. C. Riches*
42. ABC do Cultivo das Plantas, *H. G. Witham Fogg*
43. ABC da Criação de Pombos, *Kai R. Dahl*
44. Construção de Caixas Acústicas de Alta Fidelidade, *R. Brault*
45. Raças de Canários, *Klaus Speicher*
46. Jogos de Cartas, *Graciano Dolma*
47. Cocker Spaniels, *H. S. Lloyd*
48. ABC da Caça, *Fabian Abril*
49. Aprenda Televisão, *Gordon J. King*
50. Iniciação à Pesca, *Juan Nadal*
51. Basquetebol, *Marius Norregard*
52. Cães de Caça, *Santiago Pons*
53. Aprenda Electrónica, *T. L. Squires* e *C. M. Deason*
54. A Avicultura, *Jim Worthington*
55. A Produção de Coelhos, *P. Surdeau* e *R. Henaff*
56. ABC dos Computadores, *T. F. Fry*
57. Natação para Crianças, *John Idorn*
58. O Boxer, *Anni Mortensen*
59. Voleibol, *Ole Hansen* e *Per-Göran Persson*
60. Iniciação à Vela, *Donald Law*
61. ABC da Filatelia, *Jacqueline Caurat*
62. A Pesca à Beira-Mar, *J.-M. Böelle* e *B. Doyen*
63. Enxerto de Árvores de Fruto, *Alejo Rigau*
64. A Cultura do Morangueiro, *L. A. Grau*
65. Emissores-Receptores (Walkies-Talkies), *P. Duranton*
66. Iniciação à Fotoelectrónica, *Heinz Richter*
67. Doces e Conservas de Frutas, *Robin Howe*
68. A Criação de Hamsters, *C. F. Snow*
69. A Criação de Porcos, *Roy Genders*
70. Calendário do Horticultor, *Luís Alsina Grau*
71. Jogos Electrónicos, *F. Rayer*
72. Cultivo de Cogumelos e Trufas, *A. Rigau*
73. Aprenda Televisão a Cores, *G. J. King*
74. Gravação em Fita Magnética, *Ian R. Sinclair*
75. Pode de Árvores e Arbustos, *R. Genders*
76. Como Treinar o Seu Cão, *E. Fitch Daglish*
77. Instrumentos de Medida e Verificação, *Heinrich Stöckle*
78. A Criação de Caracóis, *Matias Josa*
79. Rádio - Fundamentos e Técnicas, *Gordon J. King*
80. Como Fazer Gelados, *Sylvie Thiébault*
81. Iniciação à Jardinagem, *Noel Clarasó*
82. A Congelação dos Alimentos, *S. Lapointe*
83. Windsurf - Prancha à Vela, *E. Prade*
84. Raças de Cães, *O. Hasselfeldt*
85. Rummy e Canasta, *Claus D. Grupp*
86. A Encadernação, *Annie Persuy*
87. Aprenda Electricidade, *Heinz Richter*
88. Taxidermia - Embalsamamento de Pássaros e Mamíferos, *Harry Hjortaa*
89. Jogging - Correr para Manter a Forma, *Werner Sonntag*
90. ABC da Cozinha Chinesa, *S. Richmond*
91. Jogos T.V., *C. Tavernier*
92. Amplificadores de Som, *Richard Zierl*
93. O Livro do Poker, *Claus D. Grupp*
94. Aprenda a Desenhar, *Rose-Marie Prémont* e *Nicole Philippi*
95. O Minitrampolim na Escola, *Sonja Helmer Jensen* e *Klaus Dano*
96. Jogos de Luzes e Efeitos Sonoros para Guitarras, *B. Fighiera*
97. O Cultivo do Tomate, *Louis N. Flawn*
98. Pilhas Solares, *F. Juster*
99. Criação Doméstica de Coelhos, *C. F. Snow*
100. Iniciação ao Futebol, *W. Männle* e *H. Arnold*
101. Horóscopos Chineses, *G. Haddenbach*
102. Guia Prático de Marcenaria, *C. H. Hayward*
103. Andebol, *Fritz* e *Peter Hattig*
104. Dispositivos Anti-Roubo, *H. Schreiber*
105. Perus, Pintadas e Codornizes, *J. Sauze*
106. Crepes, Doces e Salgados, *F. Arzel*
107. Aperitivos e Entradas, *Myrette Tiano*
108. Ténis de Mesa, *Leslie Woollard*
109. Aprenda Surf, *Rick Abbot* e *Mike Baker*
110. Futebol - Técnica e Táctica, *Kurt Laval*
111. A Vaca Leiteira, *C. T. Whittemore*
112. O Cubo Mágico, *Josef Trajber*
113. O Perdigueiro Português, *José M. Correia*
114. Pizzas e Massas à Italiana, *Marie A. Ränk*
115. O Cubo para quem já o Faz, *Josef Trajber*
116. A Pirâmide Mágica, a Torre e o Barril do Diabo, *M. Mrowka e W. J. Weber*
117. Gansos e Patos, *Marie Mourthe*
118. Iniciação ao Kung-Fu, *A. P. Harrington*
119. Electrónica e Fotografia, *Hanns-Peter Siebert*
120. O Livro da Fortuna, *Douglas Hill*
121. Construção de um Alimentador de Corrente, *Waldemar Baitinger*
122. Hóquei em Patins, *Francisco Velasco*
123. Técnicas de Tiro, *Anton Kovacic*
124. Aprenda a Tricotar, *Uta Mix*
125. ABC da Patinagem, *Christa-Maria* e *Richard Kerler*
126. A Pesca e os seus Segredos, *Armand Deschamps*
127. O Osciloscópio, *R. Rateau*
128. Guia Prático da Banda do Cidadão, *J. M. Normand*
129. Sumos e Batidos, *Manfred Donderski*
130. Introdução à Programação de Microcomputadores, *Peter C. Sanderson*
131. Aprenda Croché, *Uta Mix*
132. ABC do Microprocessador, *P. Mélusson*
133. Guia Prático de Basic, *Roger Hunt*
134. Introdução à Electrónica Digital, *Ian Sinclair*
135. ABC do Vídeo, *David K. Matthewson*

136. Fotografia em Movimento, *Don Morley*
137. Guia de Cobol, *Ray Welland*
138. Fotografia a Pequena Distância, *Sidney F. Ray*
139. Guia Moderno da Canaricultura, *Manuel Gonçalves*
140. Minielectrónica para Amadores, *Heinz Richter*
141. ABC da Programação de Computadores, *John Shelley*
142. Tarot — O Futuro Pelas Cartas, *Edwin J. Nigg*
143. ABC da Equitação, *Dorothy Johnson*
144. Como Programar o seu ZX 81, *Patrick Gueulle*
145. 100 Avarias TV e a Maneira Prática de as Detectar, *P. Duranton*
146. ABC da Horticultura, *Louis Giordano*
147. Basic Para Microcomputadores, *A. P. Stephenson*
148. Como Programar o Seu ZX Spectrum, *Tim Hartnell* e *Dilwyn Jones*
149. Iniciação aos Motores Diesel, *David S. Maclean*
150. 60 jogos para o ZX Spectrum, *David Harwod*
151. As Linhas da Mão, *Rose Hubert*
152. Cozinha Italiana, *Rotrand Degner*
153. Manual do ZX Spectrum, *Simpson* e *Terrel*
154. Z80 Assembler para o ZX Spectrum – Iniciação ao Código de Máquina, *João Paulo Fragoso*
155. Aeróbica, *H. Schulz*
156. ABC do Atletismo, *Denis Watts*
157. 26 Programas Basic para Microcomputadores, *Derrick Daines*
158. Aprenda Pascal no seu Microcomputador, *Jeremy Ruston*
159. Guia Moderno da Suinicultura, *Colin Whittemore*
160. O Bar em Sua Casa - 888 Cocktails, *Aladar von Wesendonk*
161. Código de Máquina Para Principiantes, *James Walsh*
162. Código de Máquina Para Programadores Avançados, *Paul Holmes*
163. ABC da Fruticultura, *Henri Gosselin*
164. ABC da Canoagem, *Alan Byde*
165. Guia de Fortran, *Philip Ridler*
166. Manual da Secretária, *Philippa Ramage*
167. ABC das Antenas, *Gordon J. King*
168. Programar Aventuras no Seu Computador, *Andrew Nelson*
169. Guia do Sinclair QL, *Boris Allan*
170. Novas Aventuras no Seu ZX Spectrum, Peter Shaw e *James Mortleman*
171. O Computador no Escritório, *John Shelley*
172. Sobremesas, *Fred Timber*
173. Rádio do Circuito Oscilante ao Receptor de Ondas Curtas, *Richard Zierl*
174. Xadrez: ABC das Aberturas, *V. N. Panore*
175. A Construção de Pequenos Transformadores, *M. Dourian* e *F. Juster*
176. Guia de Pascal, *David Watt*
177. O ZX Spectrum na Educação, *Tim Hastnel, C. Johnson* e *D. Valentine*
178. Iniciação ao Snooker, *John Pulman*
179. Circuitos com Diacs, Tiristores e Triacs, *Fritz Bergtold*

JOÃO PAULO FRAGOSO

Z80 ASSEMBLER PARA O ZX SPECTRUM

INICIAÇÃO AO CÓDIGO DE MÁQUINA

2.ª edição

Gostaria aqui de deixar o meu agradecimento a todos aqueles que me encorajaram a escrever este livro e para ele contribuíram com sugestões e conselhos, em particular o António Gouveia, o José Neves e o Luís Pinto.

Dedico este livro ao meu amigo Manuel José Franco, cujo apoio constante veio sempre na altura certa.

Capa de Rogério Silva

INTRODUÇÃO

Penso que ninguém programa em código de máquina. Imagine meter na cabeça o significado de 256 números que, acrescidos de certas combinações de 2, 3 e até 4 desses códigos, correspondem a mais de 600 instruções que designam operações específicas simples!

No entanto, todas as aplicações do Spectrum são realizadas em código de máquina. Mal liga o computador, o vasto programa residente na ROM executa uma série de operações que culminam na mensagem de "copyright" e aguardam o seu comando.

Se acredita que este livro o vai ensinar a programar em código de máquina, desengane-se; não vou ser o primeiro a tentar uma tarefa que é absurda. Mas, se por outro lado, este volume o ajudar a compreender como utilizar código de máquina, o objectivo destas páginas terá sido atingido.

Encontrará aqui tabelas, programas e recomendações para a manipulação de código de máquina. Todos os programas que apresento foram cuidadosamente testados e funcionam da maneira descrita.

Este livro encontra-se dividido em duas partes: a primeira explicará as instruções de Z80 Assembler; a segunda tratará de aplicações de ordem prática.

Espero que esta obra lhe seja útil.

JOÃO PAULO FRAGOSO

CAPÍTULO 1

PROBLEMAS A ENFRENTAR

O microprocessador do ZX SPECTRUM dá pelo nome de Z8Ø. Como todos os microprocessadores, o Z8Ø possui um conjunto de instruções e particularidades próprias. As instruções são na realidade ordens que o Z8Ø compreende como tarefas definidas a realizar.

Pense no Z8Ø como um escravo dedicado com um vocabulário limitado a 694 palavras. Como escravo dedicado que é, ele fará tudo o que lhe disser com o seu vocabulário, uma coisa de cada vez, seguindo as suas ordens à risca, pela sequência em que as deu. Infelizmente, o Z8Ø é um escravo estúpido pois não pode aprender mais instruções do que as que já sabe e se as suas ordens não fizerem sentido, ele segui-las-á, mesmo que isso signifique entrar em "crash". Mais ainda: se ele não fizer aquilo que você PENSOU e lhe disse para fazer, o erro será certamente seu, uma vez que a memória do Z8Ø é prodigiosa (teoricamente o Spectrum poderá receber uma média de aproximadamente 2ØØØØ instruções para execução sem interrupção).

Como mencionei na Introdução, o vocabulário do Z8Ø é constituído por números e combinações de números de Ø a 255. Uma

vez que tal vocabulário nada tem de humano, os construtores do Z80 — ZILOG — criaram uma série de mnemónicas que correspondem, na razão de um para um, ao vocabulário de números do Z80. Estas mnemónicas designam-se por LINGUAGEM ASSEMBLER do Z80. Será esta linguagem que examinaremos com algum detalhe ao longo destas páginas.

Se juntarmos uma série de instruções para o Z80 desempenhar uma tarefa específica obteremos aquilo a que se chama um PROGRAMA. (Na realidade um programa tem mais coisas além de instruções, mas lá chegaremos.)

Vejamos o seguinte programa em Assembler, que soma os valores contidos nos endereços 40000 e 40001 e coloca o resultado em 40002 (não se preocupe se ainda não o percebe; isto é um exemplo):

```
LD A, (40000)
LD B,A
LD A, (40001)
ADD A,B
LD (40002), A
RET
```

Se pensa que o Z80 percebe este programa está redondamente enganado. Este programa precisa de ser traduzido da linguagem Assembler para código de máquina. Esta função pode ser feita por dois processos básicos: 1) o programador enche-se de paciência e converte as mnemónicas nos números respectivos, fazendo depois POKES na memória do computador (ou utilizando um programa de BASIC para o fazer); 2) recorrer a um ASSEMBLADOR.

Seja qual for o caminho seguido, o que o Z80 vai ler é o seguinte:


```
00111010
01000000
10011100
01000111
00111010
01000001
10011100
10000000
00110010
01000010
10011100
11001001
```

Esta lista de números BINÁRIOS é equivalente ao programa em Assembler. Aqui, cada linha descreve um BYTE do programa. Se comparar as duas listagens do mesmo programa compreenderá por que motivo não se programa em CÓDIGO de MÁQUINA (também conhecido por CÓDIGO OBJECTO).

Note que cada BYTE é formado por oito BIT, que tomam o valor 0 ou 1. Se o programa em código de máquina fosse introduzido em memória, o Z80 seria capaz de o executar.

Mas não poderíamos encontrar outra forma de representação do código de máquina mais acessível? Sem dúvida! Uma vez que o Spectrum aceita números decimais directamente não poderia esta notação ser melhor? Por vezes sim, por vezes não. As vantagens da notação decimal são aparentes, pelo que vejamos os inconvenientes.

Um byte pode representar um número de 0 a 255. Dois byte podem representar um inteiro de 0 a 65535. Para mantermos os valores do programa acima, como representamos 40000 em dois byte? Onde fraccionar o número? Este número é representado por 64 no primeiro byte e 156 no segundo (64 + 256 * 156 - veja a página 173 do manual do Spectrum). Mas... um momento; não deveria ser 156 no primeiro byte e 64 no segundo? Os autores do Z80, por qualquer motivo, decidiram o contrário, o que muitas vezes provoca situações de erro. Trataremos deste caso mais adiante.

Uma vez que o cálculo do fraccionamento de um número decimal é suficientemente complicado para permitir uma fonte de erros, os programadores recorreram a outra notação: base 16 ou hexadecimal. Neste sistema os algarismos de 0 a 9 correspodem aos da base 10. Os números 11, 12, 13, 14, e 15 são representados pelas letras A, B, C, D, E e F, respectivamente. Assim 40000 decimal equivale a 9C40 em hexadecimal. Não se preocupe com a conversão (de caminho leia o Apêndice E do Manual do Spectrum). Encontra nos Anexos deste volume uma tabela muito simples e prática para converter números decimais em hexadecimais e vice-versa. A grande vantagem desta notação reside em dois pequenos pormenores: 1) qualquer número até 255 pode ser representado por dois dígitos hexadecimais; 2) qualquer número superior a 255 e inferior a 65536 pode ser representado por quatro dígitos hexadecimais. O fraccionamento de #9C40 (40000) para podermos colocá-lo em dois byte é simples: #40 no primeiro byte (LSB) e #9C no segundo (MSB).

Depois disto tudo, talvez não fosse má ideia treinar um pouco com conversões entre números para as três bases que se usam com o Spectrum. Assim, ligue o seu e introduza o seguinte programa que converte qualquer número de qualquer base até 16 no seu correspondente em qualquer base até 16. Habitue-se a usar a tabela de conversão de números decimais /hexadecimais e confira o resultado a que chegou com o programa. Pratique também com números binários (não lhe fará mal).

PROGRAMA MUDA BASE

```
10 CLS: PRINT "ESTE PROGRAMA MUDA DE QUALQUER
BASE <= 16 PARA QUALQUER OUTRA  BASE <= 16"
15 INPUT "QUAL É A BASE VELHA?";X$
20 LET E= 0
25 IF X$= "" THEN GO TO 10
30 GO SUB 185
```



```
35 LET B= N
40 IF N < 2 OR N > 16 THEN GO TO 10
45 INPUT "QUAL É O NÚMERO?";X$
50 IF X$= "" THEN GO TO 45
55 GO SUB 205
60 IF E= 1 THEN PRINT "ERRO": LET E= 0: GO TO 45
65 LET N1= N
70 PRINT X$;"NA BASE 10 É "; N1
75 IF N1 < 1000000 THEN GO TO 85
80 PRINT "O NÚMERO NA BASE 10 É  > = 1000000, PO
DENDO POR ISTO OCORREREM ERROS"
85 INPUT "QUAL É A NOVA BASE?";X$
90 IF X$= "" THEN GO TO 85
95 GO SUB 185
100 LET B1= N: IF N < 2 OR N > 16 THEN GO TO 85
105 LET B$= ""
110 LET V= INT (N1 / B1)
115 LET R= N1 - V * B1
120 IF R > 9 THEN GO TO 140
125 LET B$= B$ + CHR$ (R + 48)
130 LET N1= V: IF V= 0 THEN GO TO 145
135 GO TO 110
140 LET R= R + 55: LET B$= B$ + CHR$ (R): LET N1=
V: IF  V < > 0 THEN GO TO 110
145 PRINT "O NÚMERO NA BASE  "; B1; " É ";
150 FOR J= LEN B$ TO 1 STEP - 1
155 PRINT B$(J);: NEXT J
160 PRINT
165 INPUT "MAIS NÚMEROS (S / N)?";X$
170 IF X= "S" THEN GO TO 10
175 IF X$= "N" THEN STOP
180 GO TO 165
185 LET N= 0
190 FOR J= 1 TO LEN (X$): LET D= CODE X$(J)
195 LET N= N * 10 + D - 48: NEXT J
200 RETURN
205 LET N= 0
```

```
210 FOR J= 1 TO LEN X$: LET D= CODE X$(J)
215 IF D > 47 AND D < 58 THEN LET D= D - 48: GO TO 230
220 IF D > 64 AND D < 71 THEN LET D= D - 55: GO TO 230
225 LET E= 1: RETURN
230 IF D > = B THEN LET E= 1: RETURN
235 LET N= N * B + D
240 NEXT J
245 RETURN
```


CAPÍTULO 2

LINGUAGENS DE ALTO E BAIXO NÍVEL

O programa Muda Base, no fim do capítulo anterior, está escrito em BASIC. Esta linguagem, que vem incluída na ROM do Spectrum, é conhecida como uma linguagem de ALTO NÍVEL. Outros exemplos são o PASCAL, o FORTH, o LISP, o COBOL.

O código de máquina e a Linguagem Assembler são, por seu lado, linguagens de BAIXO NÍVEL. A distinção é simples: quanto mais elevado for o nível da linguagem que consideramos, mais ela se aproxima de uma linguagem humana. Assim, a maioria dos comandos do BASIC são de fácil apreensão, pois o seu significado em Inglês aproxima-se da função que executam. Permitem, pois, descrever as tarefas segundo formas orientadas para a resolução de problemas, em vez de serem orientadas para o computador, como o Assembler. Geralmente, um comando de BASIC corresponde a uma série de instruções em Assembler.

Uma vez que a linguagem "falada" pelo Z80 é o código de máquina, esta foi apelidada de linguagem de nível zero. O Assembler, dado que tem uma correspondência de um para um com o código de máquina, mas já está um pouco mais perto do entendimento do comum dos mortais, é dita uma linguagem de nível um.

As linguagens de alto nível são transformadas em código de máquina por dois processos: 1) recorrendo a um intérprete, como no caso do Spectrum (o BASIC é interpretado em código de máquina); 2) recorrendo a um compilador (o programa em linguagem de alto nível é convertido em código de máquina antes de ser executado). Vejamos agora as vantagens e desvantagens de cada nível.

As linguagens de alto nível tem como vantagens:

1 — Os programas são mais fáceis de escrever;

2 — Os programas escrevem-se mais rapidamente;

3 — O programador não precisa de conhecer a configuração interna do computador que usa;

4 — Teoricamente um programa escrito numa linguagem de alto nível é executável em qualquer computador que suporte essa linguagem (na prática, os construtores criam barreiras artificiais para evitar isto; no entanto, o programa será fácil de converter e modificar);

Mas se as linguagens de alto nível são tão vantajosas, para que serve preocuparmo-nos com linguagens de baixo nível? Exacto! Eis as desvantagens das linguagens de alto nível:

1 — Cada linguagem de alto nível tem um conjunto de regras complicadas para ser usada — a sua sintaxe. É como aprender uma língua estrangeira!

2 — Precisam de ser interpretadas ou compiladas;

3 — Cada linguagem de alto nível foi criada com um fim particular em vista: O FORTRAN é uma linguagem virada para o cálculo, sendo muito difícil fazer processamento de "strings" de caracteres ou criar gráficos e desenhos com ela.

4 — As linguagens de alto nível produzem programas ineficientes, pois o interpretador ou o compilador tem de prever todas as situações realizáveis. Isto traduz-se na dificuldade de optimizar o código produzido e no sub-aproveitamento da memória disponível.

5 — Certas características do computador não podem ser usadas a partir da linguagem de alto nível (como, por exemplo, gravar programas sem "header" ou alterar a velocidade de gravação).

Por seu lado, as linguagens de baixo nível tem as seguintes vantagens principais:

1 — Qualquer que seja a tarefa a programar, o tipo de dificuldade é semelhante.

2 — O programa é eficiente, tanto no aproveitamento da memória e do código, como na rapidez de execução.

3 — Todas as características do computador são acessíveis.

Mas nem tudo são rosas. Eis as desvantagens:

1 — Fazer com que o código reflicta o problema. As instruções de código fazem coisas como colocar um valor num registo, girar os bit de um byte para a esquerda, comparar um registo com outro, etc. e não ver se uma tecla foi premida, ou se a sua nave espacial foi destruída por um míssil.

2 — Exige um grau mais ou menos detalhado do funcionamento do computador, por exemplo, quantos registos tem o microprocessador, que instruções usa e quais são os seus efeitos precisos, etc.

3 — Não permite ser usada noutro computador com um microprocessador diferente (e muitas vezes nem num com um igual, devido ao design do "hardware"). Ex: um programa de Z80 não é compreendido por um 6502 e vice-versa.

4 — É mais moroso programar numa linguagem de baixo nível.

Se é assim, para que serve preocuparmo-nos com código de máquina? A resposta é relativa. Como frisei atrás, ninguém programa em código de máquina (é por isto que há ASSEMBLADORES que são o tema do próximo capítulo).

Usa-se a programação em Assembler nos seguintes casos:

1 — Programas curtos a médios.

2 — Programas que devam optimizar o consumo de memória.

3 — Aplicações de tempo real.

4 — Processamento limitado de dados.

5 — Aplicações de grande volume.

6 — Mais input/output do que cálculos.

Usam-se linguagens de alto nível para:

1 — Programas longos.

2 — Aplicações de baixo volume que exijam grandes programas.

3 — Programas que exijam vastas memórias.

4 — Mais cálculo do que input/output.

De um modo geral, use linguagem Assembler se está interessado em economia de memória e de tempo (mas prepare-se para perder mais tempo no desenvolvimento do "software"). Se está interessado em economizar tempo no desenvolvimento do programa e não na rapidez de execução e uso eficiente da memória então use linguagens de alto nível.

Se pensa que pintei um quadro muito negro, deverá crer que não foi exagerado. Dá trabalho usar linguagens de baixo nível! Mas também compensa!

CAPÍTULO 3

ASSEMBLADORES

Partindo do princípio que continua interessado em programar o seu Spectrum em Assembler, terá de arranjar um programa utilitário, que dá pelo nome apropriado de ASSEMBLADOR.

Um assemblador permite que o utilizador faça um programa, consistindo em linhas de instruções em Assembler (chamado programa FONTE ou "source", em Inglês). Quando estiver satisfeito com a fonte produzida, o assemblador transforma a fonte em instruções de código objecto, prontas a ser executadas pelo Z80. Mas os assembladores disponíveis no mercado fazem mais do que esta mera conversão. Alguns são programas de alta sofisticação, que permitem trabalhos de carácter profissional, ao passo que os outros estão mais virados para o utilizador que dá os seus primeiros passos na programação em Assembler. Consequentemente, estes últimos são menos versáteis, mas mais fáceis de utilizar.

Independentemente do Assemblador que escolher (comentarei alguns mais adiante), encontrará em todos eles determinadas características comuns. A primeira é a formatação de cada linha de instruções.

Assim, cada linha de um Assemblador tem QUATRO CAMPOS ("fields", no Inglês):

1 — NOMES (“labels”)
2 — CÓDIGO DE OPERAÇÃO ou CAMPO DE MNEMÓNICA
3 — OPERANDO ou CAMPO DE ENDEREÇAMENTO
4 — CAMPO DE COMENTÁRIOS

Os campos dos nomes e dos comentários são opcionais. O campo do operando pode ter um endereço, um dado ou estar vazio. O campo de mnemónica nunca pode estar vazio: ou tem uma mnemónica, ou uma DIRECTIVA ao assemblador (que também dá pelos nomes de pseudo-instrução, pseudo-operação ou pseudo-op). Os diferentes campos ocorrem numa linha na ordem especificada e são separados uns dos outros por DELIMITADORES. O delimitador mais comum é o espaço. A propósito: tenha cuidado com eles. Embora haja um padrão, cada assemblador tem as suas manias. O padrão Z8Ø para delimitadores (ou separadores) é o seguinte:

: — após um nome
espaço — entre o código de operação e o endereço
, — entre operandos no campo de endereçamento
; — antes de um comentário

Vejamos então os diferentes campos em maior detalhe. O primeiro é o campo dos nomes. Pode não ter nada e o Assemblador não protestará se nunca o usar. Mas se o fizer, só poderá ganhar. Se um nome estiver presente neste campo, o assemblador associa esse nome ao endereço da memória para onde o primeiro byte de código objecto dessa instrução for colocado (se não percebeu, leia de novo, devagar). Dar um nome permite que não nos preocupemos para onde esse código vai ser colocado. Se quisermos referi-lo, bastará indicar o nome que lhe demos. O assemblador substituirá o nome pelo seu valor quando criar o código de máquina correspondente à fonte. Vejamos então as vantagens dos nomes:

1 — Permitem achar rapidamente um local do programa (e de nos lembramos dele).

2 — Podemos mover um nome para modificar ou corrigir um programa, sem termos de mexer nas outras instruções, pois o assemblador tratará disso.

3 — Adicionando uma constante, o assemblador poderá colocar o programa noutro ponto da memória que nos pareça mais conveniente.

4 — Torna-se fácil incorporar o programa noutro.

5 — Não precisamos de andar a contar byte nem de calcular onde é que certas instruções vão parar.

6 — Identificamos claramente uma instrução que queremos usar como destino ou que queremos realçar.

Uma vez que os nomes são tão úteis, quais vamos usar? Em primeiro lugar, nem todos os assembladores permitem nomes do mesmo comprimento: no EDITOR /ASSEMBLER da PICTURESQUE o nome tem um máximo de 5 caracteres; no GENS da HISOFT o máximo é seis. Em segundo lugar é inútil (para não dizer ridículo) usarmos nomes como JOÃO ou LISBOA; devemos escolher nomes que nos forneçam uma indicação do objectivo deles — nomes mnemónicos, como SOMA, MNSGM (para mensagem), etc. Deve evitar nomes do tipo XPTR, N3249 ou similares, pois em nada ajudam a documentar o programa fonte (e a documentação É importante).

Para terminarmos este tópico, eis algumas ‘regras’ para o uso de nomes:

1 — Use nomes diferentes de mnemónicas Z8Ø.

2 — Não use nomes mais compridos do que o permitido pelo assemblador.

3 — Use apenas maiúsculas ou maiúsculas seguidas de números (ex: MNSGM1, MNSGM2, MNSGM3, LIMECR)

4 — Comece os nomes com letras; tais nomes são sempre aceites.

5 — Evite caractres especiais (ex: £, &,#,©) e nomes facilmente confundíveis, como XXXX e XXXXX.

6 — Se não tem a certeza de que um certo nome é aceitável não o use.

O campo de mnemónica ou de códigos de operação é o campo fulcral de uma linha de Assembler. É este campo que determina a formação do código de máquina que o assemblador produz. Ora,

acontece que há instruções de 1, 2, 3 e até 4 byte de comprimento. Qualquer assemblador distingue-as, recorrendo a uma tabela interna. Veremos adiante quais são as instruções.

Falámos atrás em PSEUDO-OPERAÇÕES. Estas são instruções que não são transformadas em código de máquina, antes representam DIRECTIVAS ou comandos, que o assemblador interpreta para realizar certas funções. As directivas que poderá encontrar são variadas. De entre as mais comuns (e úteis), destacamos:

ORG (de origem)
EQU (de "equate")
DEF (de define)

A directiva ORG permite-nos localizar o programa ou subrotinas ou mesmo dados em qualquer ponto da memória. Deve ser colocada no início da rotina que queremos colocar num local específico da memória e tem um argumento, que é esse local de memória. EX: ORG 40000 indica ao assemblador que as linhas de Assembler seguintes deverão ser compiladas para operarem a partir do endereço 40000. Use sempre esta directiva.

A directiva EQU associa o valor do seu argumento ao nome que a precede. Como tal, esta directiva é desprovida de significado se não for precedida de um nome, uma vez que o define. Veja a seguinte linha de Assembler:

INÍCIO EQU 40000

A partir do momento em que o assemblador lê esta linha, ele reserva numa tabela especial (tabela dos símbolos) espaço para associar INÍCIO a 40000. Usa-se para definir parâmetros e constantes. Sempre que o assemblador encontrar, no nosso exemplo, o nome INÍCIO, 'saberá'' que lhe corresponde o valor 40000. O melhor lugar para colocar este tipo de directiva é o início do programa.

A directiva DEF é, na realidade, um grupo de quatro directivas:

1 — DEFB 2 — DEFW 3 — DEFS 4 — DEFM

DEFB quer dizer DEFine Byte. Deve geralmente ser precedida de um nome e reserva um byte, cujo conteúdo será o seu argumento. Note que pode ser qualquer inteiro até 255, inclusive. Exemplo:

CONTAD DEFB # 20

DEFW significa DEFine palavra ("Word"). É igual a DEFB, mas reservando 2 byte, permitindo um número de 0 a 65535. Exemplo:

LINHAS DEFW #FE35

DEFS quer dizer DEFine espaço ("space"). Também conhecida como RESERVE, pois reserva X byte, sendo X o argumento. Exemplo:

UDG001 DEFS 256

Neste exemplo, o assemblador reservaria 256 byte a partir do presente local, cujo início teria o nome UDG001.

DEFM significa DEFine Mensagem. Na realidade, esta directiva é seguida por aspas, delimitando uma string, cujo tamanho máximo varia conforme o assemblador. Exemplo:

MNSGM6 DEFM "Esta é a última directiva deste tipo"

Há ainda um outro tipo de directivas: as PSEUDO-MNEMÓNICAS CONDICIONAIS. O seu uso não é recomendável, constituindo uma óptima fonte de erros, quando usadas.

O campo de endereçamento é usado para os argumentos e endereços. A maior parte dos assembladores permite uma grande liberdade neste campo, pois as entradas podem ser em decimal, binário, hexadecimal ou nomes pré-definidos ou a definir. No caso

das entradas numéricas, os assembladores exigem geralmente que se preceda ou siga o endereço ou dado com uma letra ou caracter identificador da base do número. Assim, os mais comuns são:

BINÁRIO — B ou %
HEXADECIMAL — H ou $ ou #
DECIMAL — D ou nada

Para além dos nomes, podemos ter 'strings', expressões algébricas ou lógicas e "offsets" em relação ao Ponteiro de Localização. Recomenda-se que:

1 — Use sempre o sistema de numeração mais claro para dados. Evite misturar num programa números em decimal com binário ou hexadecimal.
2 — Não confunda dados com endereços.
3 — Não use 'offsets' em relação ao Ponteiro de Localização.
4 — Evite expressões complicadas e opções do assemblador que não percebe ou são obscuras.

Qualquer assemblador permite-lhe pôr comentários no programa fonte. Estes comentários não têm efeito no código gerado, apenas visam explicar e documentar (e muitas vezes perceber) o programa. Assim, não tenha medo de tecer os seus comentários, mas:

1— Não comente as instruções; diga o que o programa faz. Evite coisas como "SOMA 1 AO ACUMULADOR" ou "COMPARA O REGISTO B COM O ACUMULADOR" mas ponha coisas como "LEITURA DO TECLADO" ou como "FINALIZAÇÃO DO JOGO".
2 — Os comentários devem ser breves e claros. Não faça narrativas.
3 — Comente os pontos fulcrais do programa, bem como as partes que não são óbvias. Não comente mudanças normais de ponteiros ou contadores.

4 — Evite abreviações nos comentários.
5 — Deixe comentários do tipo anotação quando trabalha num ,programa. Ajudá-lo-ão a retomar o trabalho quando voltar, após interrupção.
6 — Seja claro! Um programa bem comentado facilita o trabalho.

Os assembladores para o Spectrum que se vendem por aí são assembladores de DUAS PASSAGENS, isto é, passam duas vezes pelo programa fonte. Na primeira recolhem e identificam todos os símbolos usados, verificando a sintaxe e a correcção da escrita das mnemónicas. A segunda passagem é que faz a produção de código de máquina.

O DEVPAC, nomeadamente a versão 3, é um conjunto de dois programas da HISOFT. O primeiro chama-se GENS (GENS2 ou GENS3, conforme a versão) e é um assemblador. O segundo é o MONS (MONS2, MONS3) e é um monitor. O conjunto é o melhor e o mais versátil do mercado actual, mas exige uma leitura dos manuais (que não são pequenos) antes de se obter um à-vontade razoável. Ambos os programas são relocatáveis (podem ser colocados e funcionar em qualquer lugar da RAM). É um conjunto de nível profissional.

O EDITOR /ASSEMBLER é o assemblador da PICTURESQUE. É bastante bom, mas não é relocatável. É um bom assemblador para principiantes. Há também um monitor da mesma empresa, que é comercializado separadamente.

O ASPECT é o assemblador da ARTIC. Muito bom para principiantes, é o mais simples dos três para começar, embora seja o de nível inferior.

Há mais, mas estes são os que conheço. A decisão cabe-lhe a si.

CAPÍTULO 4

O Z80 / REGISTOS E 'FLAGS'

Como foi dito atrás, a programação em Assembler exige algum conhecimento do "hardware" envolvido. Veremos agora o Z8Ø nesses detalhes necessários.

Tal como precisamos de uma memória para nos recordarmos daquilo que nos é dito de imediato, o Z8Ø tem uma espécie de memória a curto-prazo 'similar'. Esta memória é o conjunto dos seus REGISTOS.

O Z8Ø dispõe de SETE registos directamente manipuláveis, identificados abaixo:

A (ou Acumulador)
B C
D E
H L

O acumulador é o registo privilegiado do Z8Ø, uma espécie de mão direita. É mais rápido, faz mais coisas. Todas as operações aritméticas e de lógica Booleana usam o Acumulador como operando e destino final.

Os registos B, C, D, E, H e L são os registos secundários. Embora a sua manipulação seja idêntica, há diferenças importantes entre eles. Podem ser utilizados aos pares (BC, DE e HL) para operações e manipulação de dados de 16 - bit. Neste caso particular o par HL é privilegiado (se está a pensar por que motivo se chama HL e não FG a razão é simples: para ajudar os programadores - na língua inglesa - convencionou-se assim para os lembrar da ORDEM do byte - H (high) é o superior e L (low) é o inferior). Há instruções que usam os pares BC e DE como ponteiros de dados de 16 - bit.

Temos ainda outros registos de uso limitado: os registos de indexamento IX e IY. São registos de 16 - bit. Nota importante: salvo casos especiais (isto é, se já domina Assembler), não use o IY, senão arrisca-se a ter um "crash" no programa. O Spectrum precisa dele para outros fins.

Finalmente há registos de uso limitadíssimo: R e I. O registo R (refrescamento) pode ser lido para obter um número aleatório entre Ø e 255. Fora disso é preferível deixá-lo em paz. O registo I (vector de Interrupção) pode ser usado (e é - o bastante em protecção de "software" comercial), mas a nota que leu referida ao IY aplica-se ao registo I com a mesma justeza, pois valores entre 64 e 127 provocam interferências no écran.

Seguem-se as "flags" (sinalizadores é a melhor tradução que se pode arranjar, mas flag é preferível). As flags ocupam o equivalente a outro registo — apropriadamente F — que emparelha com o Acumulador. Cada Flag tem um bit, assumindo por isso os valores Ø ou 1. O Z8Ø tem 6 flags (os construtores acharam que eram suficientes). Eis as suas designações:

BIT	SÍMBOLO	NOME
Ø	C	CARRY
1	N	SUBTRACT (subtracção)
2	P / O	PARITY / OVERFLOW
3	-	----
4	A / C	AUXILIARY CARRY
5	-	----
6	Z	ZERO
7	S	SIGN (sinal)

A CARRY (transporte) transporta o bit mais significativo de qualquer operação aritmética. É usada nas instruções SHIFT. Toma o valor 0 (reset) após operações Booleanas.

A SUBTRACT foi feita para facilitar a vida ao Z80. Toma o valor 0 com todas as instruções de adição e o valor 1 com todas as instruções de subtracção.

A PARITY / OVERFLOW (paridade / excesso) é uma flag de vários usos, dependendo da operação a ser executada: se são operações aritméticas é uma flag de excesso; para input, rotação e operações Booleanas é uma flag de paridade, tomando o valor 1 se a paridade for par e o valor 0 se a paridade for ímpar. Tem o valor 1 durante a transferência de blocos e operações de busca, voltando a zero quando o contador de byte chega a zero. Também é afectada por interrupções (IFF2), aquando da execução das instruções LD A,I e LD A,R.

A flag ZERO toma o valor 1 com quaisquer operações aritméticas ou Booleanas que gerem um resultado nulo e toma o valor 0 quando essas operações geram um resultado não nulo.

A flag SIGN (sinal) toma o valor do bit mais significativo do resultado da execução de qualquer operação aritmética ou Booleana.

Finalmente a AUXILIARY CARRY ("carry" auxiliar) faz o transporte do bit 3 para o bit 4 que resulte de operações aritméticas.

Note que todas as flags mantêm o último valor até que a execução de uma nova instrução as modifique e desde que essa instrução tenha efeito sobre elas.

Seguem-se mais dois "registos" especiais: o CONTADOR DE PROGRAMA, abreviado PC (de "Program Counter") e o PONTEIRO da "PILHA", abreviado SP (de "STACK Pointer"). Têm ambos 16 bit.

O PC é o indicador que o Z80 possui para saber qual a instrução que está a executar. Assume o valor do endereço e é incrementado automaticamente no número de byte correcto ou modificado para seguir as instruções de salto (JUMP).

O SP permite-lhe criar o Stack em qualquer local da memória de RAM. É o "machine stack" que pode ver na pág. 165 do seu manual. Embora não haja limite para ele (a não ser a memória disponível), raramente necessitará mais de 256 byte. É usado para ter acesso a subrotinas e processar interrupções. NÃO USE O SP

PARA PASSAR PARÂMETROS PARA AS SUBROTINAS. O Stack começa no seu endereço mais elevado, crescendo para baixo. Instruções PUSH decrementam o conteúdo do SP e as instruções POP incrementam o seu conteúdo.

Se o que foi dito até aqui lhe parece um pouco complicado, não se preocupe. Pode aproveitar para reler agora (e sempre que quiser ou necessitar). De qualquer modo ficou já com uma ideia do Z80, nos seus detalhes estruturais. Depois de alguns projectos de programação, estas informações ficarão cimentadas na sua memória.

O Z80 tem vários modos de endereçamento de memória, a saber:

1 — IMPLÍCITO
3 — TRANSFERÊNCIA DE BLOCOS IMPLÍCITA COM DECREMENTAÇÃO OU INCREMENTAÇÃO AUTOMÁTICA
4 — IMPLÍCITO AO STACK
5 — INDEXADO
6 — DIRECTO
7 — RELATIVO AO PROGRAMA
8 — PAGINADO DE BASE
9 — INDIRECTO AOS REGISTOS
10 — IMEDIATO

Não nos deteremos com estes modos. Basta saber que se referem a grupos de instruções, cujo significado poderá ser obtido em obras mais avançadas do que esta.

Para finalizar este capítulo, vamos ver um pouco de registos alternativos.

Suponha que tem todos os registos ocupados com dados intermediários de um cálculo e, antes de prosseguir, é necessário usá-los para algumas operações. Suponha ainda que não tem memória disponível para o fazer ou que o tempo de execução que pretende do programa é o mínimo. Felizmente para si, o Z80 possui REGISTOS ALTERNATIVOS, que se deferenciam dos "principais" seguindo-os de um apóstrofo. São eles:

F' A'
B' C'
D' E'
H' L'

Por meio da instrução EXX poderá passar de um conjunto para outro, mas não misturá-los ou usá-los em simultâneo.

Nos capítulos seguintes veremos exemplos de instruções e o seu significado.

CAPÍTULO 5

LOAD

Neste capítulo veremos um grupo de instruções que permitem colocar valores nos registos ou na memória. As instruções serão descritas do seguinte modo: o seu tipo geral, a função que realizam, as flags que afectam. Não nos deteremos em cada uma das 694 instruções em particular, nem referiremos os ciclos de relógio (o tempo de execução) que cada uma leva, salvo nos casos em que isso possa ser vantajoso para já.

Recomenda-se a consulta do Glossário de Termos e Abreviaturas, no fim do livro, antes de prosseguir.

TIPO: LD reg, data EXEMPLO: LD A,# FF

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no registo reg o valor data". Depois da execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá o valor 255 decimal (FF hexadecimal). Ocupa 2 byte.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD par, data 16 EXEMPLO: LD DE, # 9C40

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no par de registos "par" o valor data 16". Depois da execução da instrução exemplificada o registo D terá o valor #9C e o registo E terá o valor # 40. Ocupa 3 byte. Note que a instrução LD SP, data 16 lhe permite inicializar o seu Stack em qualquer ponto da memória RAM.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD A,(end) EXEMPLO: LD A,(# 9C40)

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no Acumulador o valor contido no byte endereçado por end". Depois da execução da instrução exemplificada e supondo que o conteúdo do byte com o endereço # 9C40 é # 2F, o conteúdo do Acumulador é perdido e passará a ser # 2F (até voltar a ser alterado). O byte # 9C40 manterá o seu valor de # 2F. Ocupa 3 byte. Note que este é um dos casos de previlégio do Acumulador.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD par, (end) EXEMPLO: LD BC,(# 9C40)
LD indreg, (end) LD IX,(# 7400)

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no par de registos (no registo de indexamento) o valor contido no byte endereçado por end e o valor contido no byte end + 1". Suponha que o byte endereçado por # 9C40 contém # A0 e o byte # 9C41 contém # 00. Após a execução da instrução exemplificada em primeiro lugar, o registo B conterá # A0 e o registo C conterá # 00. Note que estas instruções usam 4 byte e levam 20 ciclos a serem executadas, ao passo que a instrução privilegiada LD HL,(end) ocupa apenas 3 byte e leva 16 ciclos a ser executada. É assim preferível usar esta última sempre que possível.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD (end), A EXEMPLO: LD (# 9C40),A

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no Acumulador o valor contido no byte endereçado por end". Suponha que # 9C40 contém # 36. Após a execução da instrução exemplificada o Acumulador terá o valor # 36, perdendo-se o seu anterior conteúdo. Note de novo o privilégio do Acumulador e a simetria do vocabulário do Z80.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD (end), par EXEMPLO: LD (# A000),DE
LD (end), indreg LD (# C500),IX

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no par de registos (registo de indexamento) o valor de 16-bit contido nos byte endereçados por end e end + 1". Suponha que # A000 contém # 20 e A001 contém # 34. Após a execução da instrução exemplificada, o registo D terá o valor # 34 e o registo E o valor # 20. Note que o par privilegiado HL, neste tipo de instrução, usa apenas 3 byte e 16 ciclos para a execução, ao passo que qualquer outro par ou registo de indexamento necessita de 4 byte e 20 ciclos de tempo real de execução.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD reg, reg EXEMPLO: LD A,B

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no registo reg o conteúdo do registo reg". Suponha que B contém # 76. Após a execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá igualmente # 76.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD reg,(HL) EXEMPLO: LD C,(HL)
LD reg, (indreg + d) LD E,(IX + 5)

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no registo reg o valor contido no byte endereçado por HL. Suponha que HL contém o endereço # 9000 e esse byte contém # 17. Após a execução

da instrução exemplificada o registo C terá o valor # 17. Note que no caso dos registos de indexamento o valor d de deslocamento terá de estar sempre presente (nem que seja zero). Note ainda que usando HL usa apenas 1 byte e 7 ciclos, ao passo que com os registos de indexamento usa 3 byte e 19 ciclos.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD (HL),reg EXEMPLO: LD (HL),B
LD (indreg + d), reg LD (IX + 4), D

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no byte endereçado por HL o valor contido no registo reg". Note que é o grupo simétrico do tipo que vimos acima. Suponha que IX contém o valor #A000 e que o byte endereçado por # A004 contém # 03. Após execução da instrução exemplificada, o registo D conterá # 03.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD (HL), dado EXEMPLO: LD (HL),# 6B
LD (indreg + d),dado LD (IX +255),# 3F

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no byte endereçado por HL (registo de indexamento mais deslocado) o valor dado". Suponha que HL contém FFFF. Após a execução da instrução exemplificada o byte endereçado por HL,# FFFF, conterá # 6B. Note que o uso da instrução que recorre à HL necessita de 2 byte e 10 ciclos, enquanto que as que usam os registos de indexamento precisam de 4 byte e 19 ciclos.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD A,(BC) e LD A,(DE)

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no Acumulador o valor contido no byte endereçado por BC (ou DE)".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD (BC),A e LD (DE),A

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no byte endereçado pelo par BC (ou DE) o valor contido no Acumulador". Note que estas instruções são simétricas das anteriores.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD SP,HL e LD SP,indreg

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "coloca o valor de 16-bit contido no par HL (ou num dos registos de indexamento) no Ponteiro do Stack".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD I,A e LD R,A

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no registo Interrupção (ou Refrescamento) o valor contido no Acumulador". Não se esqueça de que mexer no registo I poderá resultar em perda de qualidade da imagem.

FLAGS: não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: LD A,I e LD A,R

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "guarda no Acumulador o valor contido no registo I (ou R)". Note que, apesar de serem as instruções simétricas das anteriores, estas AFECTAM as flags.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/0-1 AC- 0 N- 0

Vimos, de modo abreviado, toda as instruções que permitem colocar um valor mum local de memória ou num registo. Repara-

mos que, com excepção de duas instruções, este grupo não afecta as flags. O capítulo seguinte apresentará as instruções que executam operações aritméticas.

CAPÍTULO 6

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS

O Z80 efectua operações aritméticas simples — adição e subtracção — com inteiros de 8 e 16 bit. Operações mais complexas como a divisão e a multiplicação podem ser realizadas com instruções de rotação e mudança, que veremos adiante, ou com loops de adições e subtracções. Gostaria de salientar que o papel das flags não é, de modo algum, desprezável para este tipo de instruções. Repare somente no seguinte caso: suponha que quer somar o conteúdo de dois registos e colocar o total num terceiro. É o caso de operação soma em 8 bit. Se um registo contiver # 80 e o outro # C4, o resultado obtido é superior a # FF, o que implica a impossibilidade de o armazenar num registo de um byte: é uma situação de OVERFLOW. Sem a indicação da flag não saberíamos que o número realmente colocado no terceiro registo estava errado. Por isto (e por outros motivos que se tornarão evidentes), muito cuidado com operações aritméticas!

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS DE 8 BIT

TIPO: ADD A,dado **EXEMPLO: ADD A,#20**

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "soma o valor dado ao conteúdo do Acumulador". Se o Acumulador contiver # Ø7, após a execução da instrução exemplificada conterá # 27.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- Ø
Note que a flag P/O funciona como indicador de OVERFLOW.

TIPO: ADD A,reg EXEMPLO: ADD A,B

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "soma o valor contido no registo reg ao conteúdo do Acumulador". Se o Acumulador contiver # A7 e o registo B # 1Ø, após a execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá # B7.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- Ø

TIPO: ADD A,(HL) e ADD A,(indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "soma o valor contido no byte endereçado por HL (ou pelo registo de indexamento mais o deslocamento d) ao valor do Acumulador". Suponha que o Acumulador contém #ØØ, o par HL contém # AØØØ e o byte # A ØØØ contém # 35. Após a execução da instrução, o Acumulador conterá #35. Note que a instrução que usa HL necessita de 1 byte e 7 ciclos de relógio ao passo que as que usam os registos de indexamento precisam de 3 byte e 19 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- Ø

TIPO: ADC A, data EXEMPLO: ADC A,# 2Ø

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "soma o valor de 8-bite ao conteúdo do Acumulador mais o estado da Carry flag". Suponha que o Acumulador contém # Ø4 e a Carry está a zero (reset). Após a execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá # 24. Note que se Carry estivesse a um (set) o valor do Acumulador seria # 25. A utilidade deste tipo de instrução, ADC, reside na possibilidade de somarmos valores maiores que # FF através de operações em cadeia. Note porém que é necessário fazer o reset a Carry antes de ser executado este tipo de instrução, para que que não tenhamos erros (um dos métodos mais usados é pela instrução AND A, que não modifica o conteúdo do Acumulador, mas faz o reset à Carry). Adiante se verá um exemplo de operações em cadeia.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- Ø

TIPO: ADC A, reg EXEMPLO: ADC A,B

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "soma o conteúdo do registo reg ao conteúdo do Acumulador mais o estado da Carry". Suponha que o Acumulador contém # 6B, o registo B contém #Ø6 e a Carry está set (tem o valor 1). Após a execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá # 72.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- Ø

TIPO: ADC A,(HL) e ADC A,(indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "soma o valor contido no byte endereçado por HL (ou pelo registo de indexamento mais o deslocamento d) ao conteúdo do Acumulador mais o estado da Carry". Note que também aqui o uso de HL poupa 2 byte e 12 ciclos de relógio em relação ao uso de indreg + d.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / 0- X AC- X N- 1

TIPO: SUB data EXEMPLO: SUB # 2Ø

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "subtraia o valor data ao conteúdo do Acumulador". Note que se escreve SUB A,data; o facto da operação se passar no Acumulador é implícito. A instrução é similar a ADD A,data, embora seja subtracção em vez de adição. Nota ainda que a flag N toma o valor 1, para indicar uma subtracção. O resultado da instrução exemplificada, supondo que o Acumulador continha # 23, é que o Acumulador passará a ter #Ø3.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: SUB reg EXEMPLO: SUB D

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "subtraia o conteúdo do registo reg ao conteúdo do Acumulador e coloque o resultado neste". Similar a ADD A,reg para a subtracção.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: SUB (HL) e SUB (indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "subtraia o valor contido no byte endereçado por HL (ou indreg mais d) ao conteúdo do Acumulador, colocando o resultado neste". Similar a ADD (HL) e a ADD (indreg + d), mas para a subtracção. Note que os comentários referentes ao número de byte e aos ciclos mantêm-se válidos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: SBC A,data EXEMPLO: SBC A,# 8Ø

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "subtraia o valor data e o estado da Carry ao conteúdo do Acumulador, colocando neste o resultado". Suponha que o Acumulador tem o valor # 7F e a Carry está set. Após a execução da instrução exemplificada o Acumulador conterá # ØØ. Similar a ADC data, mas para a subtracção.

FLAGS: C- X Z- X S-X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: SBC A,reg EXEMPLO: SBC A,H

FUNÇÃO: Esta instrução significa "subtraia o conteúdo do registo reg e o estado da Carry ao conteúdo do Acumulador, guardando o resultado neste". Similar a ADC reg, mas para a subtracção.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: SBC A,(HL) e SBC A,(indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "subtraia o conteúdo do byte endereçado por HL (ou por indreg + d) e o estado da Carry ao conteúdo do Acumulador, guardando neste o resultado". Similar a ADC A,(HL), e a ADC A,(indreg + d), mas para a subtracção. Note que os comentários referentes aos byte e ciclos de relógio necessários também aqui têm relevância.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: CP data EXEMPLO: CP #2Ø

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "compara o valor data com o Acumulador, alterando as flags de acordo com a comparação". Se cada vez que quiséssemos comparar dois números tivessemos de usar instruções de subtracção, perderíamos o conteúdo do Acumulador. Tal não acontece com a instrução CP, que efectua a subtracção mas despreza o resultado, alterando apenas as flags. As comparações usam o Acumulador, sendo Z= 1 para teste de igualdade, Z= Ø para a desigualdade, C= 1 para conteúdo do Acumulador menor que data C= Ø para conteúdo do Acumulador maior ou igual a data. Se o Acumulador contivesse # 2Ø, a instrução exemplificada faria Z= 1 e C= Ø.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: CP reg EXEMPLO: CP L

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "compara o conteúdo do registo reg com o conteúdo do Acumulador, alterando as flags de acordo com o resultado da comparação". Similar a CP data para registos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: CP (HL) e CP (indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "compara o conteúdo do byte endereçado por HL (ou por indreg + d) com o conteúdo do

Acumulador, alterando as flags de acordo com a comparação". Similar a CP data e a CP reg, mas para referência indirecta. Note que CP (HL) necessita de 1 byte e 7 ciclos, ao passo que CP (indreg + d) precisa de 3 byte e 19 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

TIPO: INC reg EXEMPLO: INC C

FUNÇÃO: Esta instrução significa "incrementa em 1 o conteúdo do registo reg". Se C contiver # F5, após a execução da instrução exemplificada, passará a ter # F6.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- 0 AC- X N- 0

TIPO: DEC reg EXEMPLO: DEC A

FUNÇÃO: Esta instrução significa "decrementa em 1 o conteúdo do registo reg". Se A contém # 81, após a execução da instrução exemplificada, passará a ter #80.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- 0 AC- X N- 1

OPERAÇÕES ARITMÉTICAS DE 16 BIT

TIPO: ADD HL,par EXEMPLO: ADD HL,HL

FUNÇÃO: Esta instrução significa "soma o conteúdo do par de registos especificado ao conteúdo do par HL". É similar a ADD A,reg só que para 16-bit. Se HL contiver # 1000, depois da execução da instrução exemplificada HL conterá # 2000 (equivale a multiplicar por dois).

FLAGS: C- X Z- NA S- NA P/O- NA AC- ? N- 0

TIPO: ADD IX,pp EXEMPLO: ADD IX,BC

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "soma o conteúdo de pp (onde pp= BC, DE, IX ou SP) ao conteúdo de IX". Similar a ADD HL,par.

FLAGS: C- X Z- NA S- NA P/O- NA AC- ? N- 0

TIPO: ADD IY,rr EXEMPLO: ADD IY,SP

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "soma o conteúdo de rr (onde rr= BC, DE, IY ou SP) ao conteúdo de IY". Similar a ADD HL, par.

FLAGS: C- X Z- NA S- NA P/O- NA AC- ? N- 0

TIPO: ADC HL,par EXEMPLO: ADC HL,DE

FUNÇÃO: Esta instrução significa "soma o conteúdo do par de registo par e o estado da Carry ao par HL". É o equivalente, para 16-bit, de ADC A,reg.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- ? N- 0

TIPO: SBC HL,par EXEMPLO: SBC HL,DE

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "subtrai o conteúdo do par de registos par e o estado da Carry ao conteúdo do par HL". Esta instrução é o equivalente de 16-bit à instrução SBC A,reg.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- X AC- ? N- 1

TIPO: INC par EXEMPLO: INC HL
INC indreg INC IX

FUNÇÃO: Esta instrução significa "incremente em 1 o conteúdo do par de registos par (ou registo de indexamento indreg)". Note que são os correspondentes de 16 bit a INC reg. No entanto, NÃO AFECTAM AS FLAGS. Note ainda que o uso de INC indreg implica mais um byte e mais 4 ciclos do que INC par.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: INC (HL) e INC (indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "incremente em 1 o conteúdo do byte endereçado por HL (ou por indreg + d)". Note que a instrução com HL necessita de apenas 11 ciclos e 1 byte, ao passo que a que usa os registos de indexamento necessitam de 23 ciclos e 3 byte.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- Ø AC- X N- Ø

TIPO: DEC par EXEMPLO: DEC DE
DEC indreg DEC IY

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "decremente em 1 o conteúdo do par de registos par (ou registo de indexamento indreg)". É a instrução correspondente, em 16-bit, a DEC reg. Os comentários feitos ácerca da instrução INC par são também válidos aqui.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: DEC (HL) e DEC (indreg + d)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "decremente em 1 o conteúdo do byte endereçado por HL (ou por indreg + d)". Note que a instrução com HL necessita de apenas 11 ciclos e 1 byte, ao passo que a que usa os registos de indexamento necessita de 23 ciclos e 3 byte.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- Ø AC- X N- 1

Como se viu, o conjunto de instruções para lidar com números de 16-bit é bem mais limitado do que o conjunto que lida com números de 8-bit.

É boa altura para introduzir o conceito de número negativo. Pudemos constatar que o Z8Ø trabalha com inteiros positivos. No

entanto, quando programamos, podemos convencionar que metade da gama de números disponíveis é positiva e a outra metade (a segunda, para ser preciso) é negativa. A tabela de conversão de números decimais em hexadecimais leva esta convenção em devida conta. Na prática, a programação em Assembler dispensa-nos a preocupação de qual o sinal do algarismo em questão. Todos os algarismos negativos, de acordo com a convenção, tem o bit de ordem mais elevada em 1.

O capítulo seguinte considerará um grupo mais pequeno de instruções, mas muito usado: as instruções Booleanas ou instruções lógicas.

CAPÍTULO 7

INSTRUÇÕES LÓGICAS

As operações lógicas que o Z80 realiza estão compreendidas na álgebra Booleana. Vá ver o seu Manual do Spectrum na página 86, do capítulo 13, onde encontra explicadas as operações de BASIC AND, OR e NOT. O Z80 tem qualquer coisa semelhante ao nível de bit, mas permitindo mais opções lógicas.

Grupo AND

Suponha que tem dois byte, A e B. O byte A tem o valor 10100000B e o byte B=11100011B. A instrução AND compara, para cada posição de bit, os bit respectivos de cada valor comparado, tendo resultado 1 nesse bit se ambos os valores tiverem esse bit = 1 e zero em todos os outros casos. Assim, no nossso exemplo o resultado será 10100000B.

```
B= 11100011
A= 10100000
-----------
   10100000
```


Note que, prosseguindo no exemplo e considerando que A é o Acumulador e B o registo B, o resultado viria em A e as flags reflectiriam o resultado, nomeadamente:

AC= 1, C= 0 e N= 0
P / O= 1 (há paridade — número par de bit com valor 1)
S= 1 (o bit mais significativo tem valor 1)
Z= 0 (o resultado é diferente de zero)

TIPO: AND data — EXEMPLO: AND #0D

FUNÇÃO: Esta instrução significa "AND o conteúdo do próximo byte de memória com o Acumulador (colocando neste o resultado)".

FLAGS: C- 0 Z- X S- X P/O- P AC- 1 N-0
Note que P significa paridade

TIPO: AND reg — EXEMPLO: AND B

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "AND o conteúdo do registo reg com o do Acumulador, guardando neste o resultado".

FLAGS: C- 0 Z- X S- X P/O- P AC- 1 N- 0

TIPO: AND (HL)
AND (indreg + d) — EXEMPLO: AND (IY + 34)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "AND o conteúdo do byte endereçado por HL (ou indreg + d) com o conteúdo do Acumulador, colocando neste o resultado".

FLAGS: C- 0 Z- X S- X P/O-P AC- 1 N- 0

Grupo OR

Suponha de novo que temos os dois valores A= 00111010B e B= 01111100B. A instrução compara os valores de modo semelhante a AND, mas dando o valor 1 se ambos os bit forem 1 ou se

4

um for 1 e o outro Ø ou o valor zero no caso de ambos os bit terem o valor Ø. Assim, o exemplo dará Ø111111ØB.

A= ØØ111Ø1Ø
B= Ø11111ØØ
―――――――――
Ø111111Ø

TIPO: OR data EXEMPLO: OR # 7C

FUNÇÃO: Esta instrução significa "OR o valor do byte de memória que se segue à mnemónica com o valor do Acumulador, colocando neste o resultado".

FLAGS: C- Ø Z- X S- X P/O- P AC- 1 N- Ø

TIPO: OR reg EXEMPLO: OR B

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "OR o conteúdo do registo reg com o conteúdo do Acumulador, guardando neste o resultado".

FLAGS: C-Ø Z- X S- X P/O- P AC- 1 N- Ø

TIPO: OR (HL)
OR (indreg + d) EXEMPLO: OR (IY + 8Ø)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "OR o conteúdo do byte endereçado por HL (ou por indreg + d) com o conteúdo do Acumulador, colocando o resultado neste".

FLAGS: C- Ø Z- X S- X P/O- P AC- 1 N- Ø

Grupo XOR

Considere os byte A= ØØ111Ø1ØB e B= Ø11111ØØB. A operação lógica XOR (de eXclusive OR) é similar às operações anteriores, mas o valor do bit é 1 só quando um dos bit é 1 e o outro é zero. Todos os outros casos dão valor Ø de resultado. Assim:

A= ØØ111Ø1Ø
B= Ø11111ØØ
―――――――――
Ø1ØØØ11Ø

TIPO: XOR data EXEMPLO: XOR # 21

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "XOR o valor do byte seguinte com o conteúdo do Acumulador, guardando neste o resultado".

FLAGS: C- Ø Z- X S- X P/O- X AC- 1 N- Ø

TIPO: XOR reg EXEMPLO: XOR H

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "XOR o conteúdo do registo reg com o conteúdo do Acumulador, guardando neste o resultado".

FLAGS: C- Ø Z- X S- X P / O- P AC- 1 N- Ø

TIPO: XOR (HL)
XOR (indreg + d) EXEMPLO: XOR (IY + 4Ø)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "XOR o conteúdo do byte endereçado por HL (ou indreg + d) com o conteúdo do Acumulador, colocando o resultado neste".

FLAGS: C - Ø Z- X S- X P/O- P AC- 1 N- Ø

Importa tecer alguns comentários a este grupo de instruções muito usado.

É habitual usar-se AND A antes de operações aritméticas com a Carry, pois o valor de A não é alterado (pode verificar) e a Carry é posta a zero.

Outra utilidade reside no movimento de gráficos de alta resolução ou na identificação de uma gama limitada de códigos.

No próximo capítulo examinaremos as instruções de salto.

CAPÍTULO 8

INSTRUÇÕES DE SALTO

Em BASIC, dispomos de várias instruções (GO TO, GO SUB, IF... THEN) que nos permitem alterar a sequência crescente normal da execução de um programa. Em Assembler possuímos instruções que fazem algo similar — as instruções de salto JR, JP e CALL. Estas instruções podem, por sua vez, estar sujeitas a condições (o estado de uma certa flag), equivalendo a IF... THEN GO TO / GO SUB.

Grupo JR

JR significa "Jump Relative", isto é, salto relativo. Esta instrução é muito usada, pois é bastante rápida e económica, acrescentando-se ainda a vantagem de não usar endereços absolutos. Os programas ditos relocatáveis (funcionam em qualquer local da memória) usam estas instruções para os saltos (e também os CALL). Em contrapartida, os saltos que esta instrução pode realizar estão limitados de - 126 a +129 byte desde o endereço do código da instrução. O Contador de Programa ajusta-se automaticamente.

TIPO: JR d EXEMPLO: JR # 32

FUNÇÃO: Esta instrução significa "salte para a instrução indicada pelo deslocamento em relação à instrução". Na prática, isto não se faz assim, usamos nomes: JR LOOP. Evitamos assim de contar byte.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: JR cond,d — EXEMPLO: JR NC, # 80
JR Z,LOOP2

FUNÇÃO: Esta instrução significa "salte para a instrução indicada pelo deslocamento em relação à instrução se a condição cond for verificada; de outro modo ignore esta instrução". De novo chamo a atenção para o uso de nomes, que facilita o trabalho. Note que as condições aceitáveis pela instrução são C, NC, Z e NZ.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

Grupo JP

Este grupo diferencia-se do anterior por 3 razões: o salto não é limitado (pode endereçar-se a qualquer byte da memória), usa mais 1 byte (com a excepção de JP (HL) e JP (indreg)) e é mais rápida (não há necessidade de internamente se calcularem deslocamentos): por isto se chama salto absoluto. Os programas relocatáveis não podem, assim, usar este grupo de instruções.

TIPO: JP nome — EXEMPLO: JP GRAFIC

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "salte para o byte endereçado pelo nome "nome"".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: JP (HL)
JP (indreg) — EXEMPLO: JP (IX)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "salte para o byte endereçado pelo conteúdo de HL (ou indreg)".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: JP cond, nome — EXEMPLO: JP PO,VERIFI

FUNÇÃO: Esta instrução significa "salte para o byte endereçado pelo nome "nome" se a condição for verificada; em caso contrário, ignore a instrução". Note que as condições aceitáveis são C, NC, Z, NZ, P, M, PO e PE.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

Grupo CALL

Este grupo é formado por instruções muito semelhantes ao GO SUB do BASIC. Essencialmente, quando o PC encontra uma instrução CALL (executável, no caso de ser condicional), guarda o endereço da instrução seguinte no SP e salta para a subrotina chamada. A saída da subrotina é realizada pela instrução RET (de RETURN), que pode ser condicional ou não, reavendo o PC o endereço guardado no SP, resumindo a sequência do programa. Importa chamar a atenção para o uso correcto de subrotinas em código de máquina, pois um mau planeamento do programa impedi-lo-á de fazer o que deseja. Por isto, veremos adiante como proceder para evitar erros comuns no uso desta opção.

TIPO: CALL nome — EXEMPLO: CALL INÍCIO

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "chame a subrotina que se inicia em "nome"".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: CALL cond, nome — EXEMPLO: CALL C,AJUSTA

FUNÇÃO: Esta instrução significa "chame a subrotina que se inicia em "nome" se a condição for verificada; caso contrário, execute a instrução seguinte". Note que as condições são C, NC, Z, NZ, P, M, PO e PE.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: RET

FUNÇÃO: Esta instrução significa "retorne da subrotina" Note que deve haver sempre um número de RET igual ao de CALL, de modo a que não ocorram erros no SP.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: RET cond EXEMPLO: RET NC

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "retorne da subrotina se a condição for verificada; caso contrário, ignore-a e processe a instrução seguinte".

FLAGS: Não são afectadas poe este tipo de instrução.

Veremos em seguida como se criam loops em Assembler, onde encontraremos uma das instruções mais importantes e poderosas — DJNZ.

CAPÍTULO 9

LOOPS

Inevitavelmente, haverá uma altura em que queremos fazer operações iterativas, isto é, queremos repetir várias vezes uma mesma sequência de instruções. Para tal usam-se os LOOPs.

Em BASIC, a sequência habitual é do estilo

```
10 FOR N= 1TO 20
......
......
......
100 NEXT N
```

Podemos fazer algo semelhante em Assembler, mas gasta-se muito tempo e byte. Podemos poupar em ambos os lados se usarmos uma contagem decrescente. O equivalente do BASIC seria do estilo

```
10 FOR N= 20 TO 1 STEP — 1
.....
....
...
100 NEXT N
```

Sucede que não temos uma mnemónica do tipo FOR...NEXT. Cada vez que queremos fazer um loop, teremos de usar um registo ou o conteúdo de um byte como contador de iterações e testá-lo em cada passagem do loop. Felizmente, a instrução DJNZ substitui a sequência decrementa-e-segue-se-condição.

Esta instrução usa o registo B como contador. Cada vez que o PC a executa, sucede o seguinte:

1) Decrementa B
2) Se o conteúdo de B que ficar não for zero, salta para o início do loop, que estará entre -126 a + 129 byte desta instrução.
3) Se o conteúdo de B for zero após a decrementação, a instrução seguinte será executada.

Exemplificando:

```
         .....         ;PROGRAMA
         LD B,# 06     ;LOOP REPETIDO 6 VEZES
LOOP     .....         ; INÍCIO DO LOOP
         .....
         .....
         DJNZ, LOOP
         .....         ; CONTINUAÇÃO DO PROGRAMA
```

Já deve ter reparado que, pelo facto de se usar um registo, o loop com DJNZ está limitado a 256 iterações. Para maior número, podemos recorrer a duas soluções: a) simulamos a instrução DJNZ, usando um par de registos em vez do registo B; b) usamos dois loops DJNZ ou mesmo mais (sendo este método mais complicado que o primeiro e mais propenso a erro). Exemplifiquemos a estrutura de um loop com um controlador de 16-bit:


```
.....          ; PROGRAMA
LD HL,# NNNN ; LOOP REPETIDO # NNNN VEZES
.... LOOP      ; INÍCIO DO LOOP
.....
.....
DEC HL         ; SIMULAÇÃO DE DJNZ PARA 16-BIT
LD A,# 00      ; (PARTINDO DO PRINCÍPIO QUE
               ; A NÃO É
               ; UTILIZADO DENTRO DO LOOP OU
               ; QUE O
               ; SEU VALOR NÃO NECESSITA DE SER
               ; MANTIDO)
CP H           ; TESTE PARA O MSB
JR NZ, LOOP; H DIFERENTE DE ZERO: AINDA HÁ
               ; ITERAÇÕES
CP L           ; TESTE PARA O LSB, POIS H= 0
JR NZ, LOOP; L DIFERENTE DE ZERO: AINDA HÁ
               ; ITERAÇÕES A FAZER
.....          ; CONTINUAÇÃO DO PROGRAMA. HL= 0
```

Vejamos agora um loop análogo, mas usando a instrução DJNZ:

```
        .....         ; PROGRAMA
        LD A,# 00     ; INICIALIZAÇÃO DO ACUMULADOR
        LD C,# NN     ; LOOP REPETIDO# NN * 256 VEZES
LOOP1   LD B,≠ 00     ; PARA 256 VEZES
LOOP    .....         ; INÍCIO DO LOOP
        .....
        .....
        DJNZ LOOP
        DEC C
        CP C          ; C= 0 ? SE SIM SET FLAG Z
        JR NZ LOOP1
        .....         ; CONTINUAÇÃO DO PROGRAMA
```

Note que para obtermos loops não múltiplos de 256 a estrutura complica-se:

```
.....          ; PROGRAMA
LD A,# 00      ; INICIALIZAÇÃO DO ACUMULADOR
LD C,# NN      ; LOOP REPETIDO #NN * 256  VEZES
LD B,# NN      ; PRIMEIRO LOOP
JR LOOP
LD B,# 00      ; PARA 256 VEZES
.....          ; INÍCIO DO LOOP
.....
.....
DJNZ LOOP
DEC C
CP C           ; C= 0 ? SE SIM SET FLAG Z
JR NZ LOOP1
.....          ; CONTINUAÇÃO DO PROGRAMA
```

Todas as instruções que usei foram já explicadas. Se o exemplo lhe pareceu difícil, veja o significado das instruções que lhe pareceram obscuras. Note que se pressupõe que o loop está entre a faixa de +129 byte de qualquer dos JRs usados.

Veremos de seguida um outro grupo de instruções muito poderosas e úteis: as de transferência e pesquisa de blocos.

CAPÍTULO 10

TRANSFERÊNCIA E PESQUISA DE BLOCOS

Por vezes necessitamos de mover um número razoável de conteúdos de byte ordenados, de uma zona da memória para outra, por exemplo: temos um écran a partir de # 9C40 e queremos transferi-lo para a zona apropriada (# 4000, se não sabia). Outras vezes queremos ver se existe um (ou mais) dado valor numa série de byte, ou comparar duas séries de byte para ver se são iguais.

O Z80 possui instruções para estes fins e que serão o tema deste capítulo.

Grupo LD

Estas instruções usam os pares HL, DE e BC.

INSTRUÇÃO: LDD

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira o conteúdo de um byte, endereçado por HL, para o byte cujo endereço é dado pelo conteúdo do par DE. Decrementa o conteúdo dos pares BC, DE e HL".

EXEMPLO: HL = # 9C4Ø   DE = # 4ØØØ   BC = # 1BØØ
byte # 9C4Ø= # Ø5

Após a execução da instrução LDD: HL= #9C3F BC= # 1AFF
DE= # 3FFF
byte # 4ØØØ= # Ø5

FLAGS: C- NA Z- NA AC- Ø N- Ø

A P/ O é 1 (set) se BC- 1 for diferente de Zero, Ø (reset) em todos os outros casos.

INSTRUÇÃO: LDDR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira o conteúdo de um byte, endereçado por HL, para o byte cujo endereço é dado pelo conteúdo do par DE. Decrementa o conteúdo dos pares BC, DE e HL, até BC= Ø. "(Note que após cada transferência, os interruptores são reconhecidos e inclui 2 ciclos de refrescamento).

EXEMPLO: HL= # 9C4Ø   DE= # 4ØØØ   BC= # ØØØ1
byte# 9C4Ø= # Ø5

Após a execução da instrução LDDR: HL= #9C3F BC=#ØØØØ
DE= # 3FFF
byte# 4ØØØ=# Ø5

FLAGS: C- NA Z- NA S- NA AC- Ø N- Ø
A P/O é 1 (set) se BC- 1 for diferente de Zero, Ø (reset) em todos os outros casos.

INSTRUÇÃO: LDI

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira o conteúdo de um byte, endereçado por HL, para o byte cujo endereço é dado pelo conteúdo do par DE. Incrementa o conteúdo dos pares DE e HL. Decrementa o conteúdo do par BC".

EXEMPLO: HL=# 9C4Ø   DE= # 4ØØØ   BC=# 1BØØ
byte# 9C4Ø=# Ø5

Após a execução da instrução LDD: HL=# 9C41 BC=# 1AFF
DE=# 4ØØ1
byte# 4ØØØ= #Ø5

FLAGS: C- NA Z- NA S- NA AC- Ø N- Ø
A P/O é 1 (set) se BC- 1 for diferente de Zero, Ø (reset) em todos os outros casos.

INSTRUÇÃO: LDIR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira o conteúdo de um byte, endereçado por HL, para o byte cujo endereço é dado pelo conteúdo do par DE. Incrementa o conteúdo dos pares DE e HL. Decrementa o conteúdo do par BC. Repete até BC= Ø". Note que esta instrução resolveria a questão da transferência do écran.

EXEMPLO: HL=# 9C4Ø   DE=# 4ØØØ   BC=# 1BØØ
Após a execução da instrução LDD: HL= #AE3F BC=# ØØØØ
DE= #5AFF

O écran estaria transferido.

FLAGS: C- NA Z- NA S- NA AC- Ø N- Ø
A P/O é 1 (set) se BC- 1 for diferente de Zero, Ø (reset) em todos os outros casos.

Grupo CP

Análogamente, este grupo realiza a operação de comparação usando os pares HL e BC, testando com o conteúdo de A.

INSTRUÇÃO: CPI

FUNÇÃO: Esta instrução compara o conteúdo do Acumulador com o conteúdo do byte endereçado por HL. Incrementa HL e decrementa BC.

EXEMPLO: HL= # 6000 BC= # 0143 A= # 08
byte # 60000= #08

Após a execução da instrução CPI: HL= #6001 BC= #0142
A=# 08

As flags darão: S= 0, AC= 0, P / O= 1, N=1 e Z= 1.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P / O- X AC- X N- 1

INSTRUÇÃO: CPIR

FUNÇÃO: Esta instrução compara o conteúdo do Acumulador com o conteúdo do byte endereçado por HL. Incrementa HL e decrementa BC. Repete até BC= 0 ou até A= (HL).

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

INSTRUÇAO: CPD

FUNÇÃO: Esta instrução compara o conteúdo do Acumulador com o conteúdo do byte endereçado por HL. Decrementa HL e BC.

EXEMPLO: HL= # 6000 BC= # 0143 A= # 08
byte # 6000=# 08

Após a execução da instrução CPI: HL= # 5FFF BC= #0142
A=# 08

As flags: S= 0, P /O= 1, N= 1 e Z= 1.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- X AC- X N- 1

INSTRUÇÃO: CPDR

FUNÇÃO: Esta instrução compara o conteúdo do Acumulador com o conteúdo do byte endereçado por HL. Decrementa HL e BC. Repete até BC= 0 ou até A= (HL).

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/ O- X N- 1

Com esta instrução terminamos este capítulo. Para pesquisar ou deslocar um grande número de byte, estas instruções são de grande utilidade. O capítulo seguinte trata de operações com o Stack.

CAPÍTULO 11

OPERAÇÕES DE STACK

Ao longo destas páginas já tivemos oportunidade de referir as vantagens de dispormos de uma "pilha", que o Z80 suporta: o STACK. Se consultar a página 165 do seu manual do Spectrum encontrará uma coisa chamada "machine stack". O stack permite que o Z80 guarde informação, sem ter de se recordar do endereço onde ela está.

O stack é, primariamente, um armazém de endereços e, como tal, a sua unidade de informação é de 16-bit. Outro aspecto a considerar é que o stack cresce para baixo; novas entradas no stack são colocadas em cima e as saídas são também feitas por cima. Isto implica que, para retirarmos informação, devemos respeitar a regra do "último entrado-primeiro a sair", sem o que incorrer-se-á em situação de erro. Note que o stack é automaticamente usado por algumas instruções (ex: CALL).

Qual a dimensão que devemos reservar na memória para o stack? Geralmente, um bloco de 256 byte é suficiente para qualquer tipo de aplicação. Se o programa for muito longo, devemos ter o cuidado de inicializar o stack num local conveniente, com a instrução LD SP,data16. Note que o sistema operativo do Spectrum coloca o stack abaixo do RAMTOP, na área de BASIC.

Por outro lado, não se esqueça de que, se inicializar o stack para um local diferente de memória e após utilizar o seu programa em máquina retornar ao sistema operativo normal do Spectrum, deverá restituir o Stack à sua posição original. A sequência é do tipo:

```
LD (end), SP   ; GUARDAR POSIÇÃO ORIGINAL DO STACK
LD SP, data16  ;INICIALIZAR O STACK NO LOCAL
               ;ESCOLHIDO
......         ;PROGRAMA
......
......

LD HL,(end);HL= POSIÇÃO ORIGINAL DO STACK
LD SP, HL    ;RESTITUIR O VALOR ORIGINAL DO STACK
RET          ;RETORNO AO BASIC
```

TIPO: PUSH pareg — EXEMPLO: PUSH AF
PUSH indreg — PUSH IX

FUNÇÃO: Esta instrução significa "coloque o conteúdo de pareg (ou indreg) no topo do stack". Note que PUSH pareg necessita de 1 byte e 11 ciclos, ao passo que PUSH indreg precisa de 2 byte e 15 ciclos.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instruçao.

TIPO: POP — EXEMPLO: POP BC
POP indreg — POP IY

FUNÇÃO: Esta instrução significa "coloque o conteúdo dos dois byte do topo do stack no pareg (ou indreg) especificado". O comentário da instrução anterior a respeito de ciclos de relógio e número de byte necessário é aqui igualmente relevante. Note que pode fazer com o satck o equivalente a LD pareg, pareg, instrução que não existe. EX: PUSH HL seguido de POP BC.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: EX (SP),HL
EX (SP), indreg EXEMPLO: EX (SP),IX

FUNÇÃO: Esta instruçao quer dizer "troque o conteúdo do topo do stack com o conteúdo de HL (ou indreg)". Note que a instrução que usa HL necessita de 1 byte e 19 ciclos, ao passo que a que usa indreg precisa de 2 byte e 23 ciclos.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

Note que, no seu programa, o número de instrução POP deverá ser igual ao número de instruções PUSH. De outro modo ocorrerão erros ou um "crash". Não use o stack para passar parâmetros para subrotinas!

O capítulo seguinte tratará de trocas.

CAPÍTULO 12

TROCAS

Por vezes, necessitamos de preservar os valores dos registos ou das flags, enquanto se efectuam certas operações. Para este fim, podemos usar os registos e flags alternativas de que já falámos.

TIPO: EX AF, AF'

FUNÇÃO: Esta instrução significa "mude para o par AF alternativo (troque o conteúdo do par AF com o conteúdo do par AF')".

FLAGS: São também trocadas (F).

TIPO: EXX

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "troque os pares BC, DE e HL com os pares alternativos BC', DE' e HL'".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: EX DE,HL

FUNÇÃO: Esta instrução significa "troque o conteúdo de DE com o conteúdo de HL".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

Temos ainda trocas baseadas no conteúdo do SP.

TIPO: EX (SP),HL
EX (SP),indreg EXEMPLO: EX (SP),IX

FUNÇÃO: Esta instrução significa "troque o conteúdo dos byte endereçados por SP com o conteúdo de HL (ou indreg)".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

O próximo capítulo tratará das instruções de bit.

CAPÍTULO 13

BITS

Em certas ocasiões é do nosso interesse examinar o estado de um bit ou modificá-lo de acordo com as necessidades de um programa. Para este fim, o Z8Ø contém algumas instruções de manipulação de bit.

TIPO: BIT b,reg EXEMPLO: BIT 5,A

FUNÇÃO: Esta instrução equivale à pergunta "o bit b do registo reg é igual a 1 ou igual a zero? Coloque o seu complemento na flag Z". Supondo que A= ØØØ11Ø1ØB, Z será, no nosso exemplo, igual a zero (reset).

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P / O- ? AC- 1 N- Ø

TIPO: BIT b,(HL) EXEMPLO: BIT 3,(HL)
BIT b,(indreg + d) BIT 2,(IX + Ø7)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "coloque o complemento do bit b do byte endereçado por HL (ou por indreg + d) na flag Z". Note que a instrução que recorre a HL usa apenas 2 byte e 12 ciclos, necessitando a que usa registos de indexamento de 4 byte e 2Ø ciclos.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P / O- ? AC- 1 N- Ø

TIPO: SET b,reg EXEMPLO: SET 4,D

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "ponha o bit b do registo reg com o valor 1".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: SET b, (HL) EXEMPLO: SET 1, (HL)
SET b, (indreg + d) SET 7, (IX + 18)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "ponha o bit b do byte endereçado por HL (ou por indreg + d) com o valor 1". Note que a instrução que usa HL precisa de 2 byte e 15 ciclos, ao passo que a que usa registos de indexamento necessita de 4 byte e 23 ciclos.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: RES b, reg EXEMPLO: RES 6,L

FUNÇÃO: Esta instrução significa "ponha o bit b do registo reg com o valor Ø". É a instrução inversa de SET b, reg.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: RES b, (HL) EXEMPLO: RES 2, (HL)
RES b, (Indreg + d) RES 1, (IY + 8Ø)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "ponha o bit b do byte endereçado por HL (ou por ingreg + d) com o valor Ø". Os comentários tecidos acerca de SET b, (HL) e SET b, (indreg + d)

sobre os byte necessários e ciclos de relógio têm aqui igual validade.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

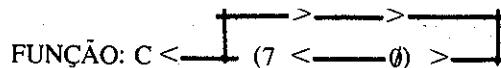
Veremos agora um grupo mais extenso, o das rotações.

CAPÍTULO 14

ROTAÇÕES E MUDANÇAS

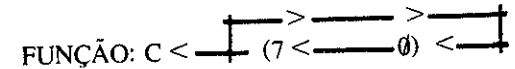
Embora constituindo um grupo útil, as instruções que vamos ver são geralmente pouco usadas. Na minha opinião, o pouco uso que têm deve-se mais a uma dificuldade em as distinguir claramente, do que a quaisquer outros motivos. Através destas instruções podemos obter algumas operações simples de multiplicação e divisão por 2 e apresentações gráficas suaves no seu movimento. Algumas destas instruções usam a CARRY como um nono bit (bit 8, se usarmos a convenção de numeração de bit num byte de 0 a 7).

TIPO: RLCA

FUNÇÃO: C <—— (7 <———— 0) >——

Graficamente, esta é a representação de RLCA (Rotate Acumulador Left Circular). Esta instrução roda o conteúdo do Acumulador para a esquerda de um bit, copiando o bit 7 na Carry. Suponha que A= 01111010 B C= 1. Após a execução da instrução RLCA teremos A= 11110100 b e C= 0. RLCA deve ser usada como instrução lógica.

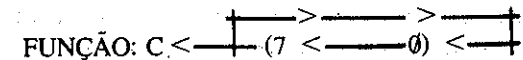
FLAGS: C- X Z- NA S- NA P / O- NA AC- 0 N- 0

TIPO: RLC reg — EXEMPLO: RLC D

FUNÇÃO: C <—— (7 <———— 0) <——

Graficamente, esta é a representação de RLC reg (Rotate Contents of Register Left Circular). Esta instrução roda o conteúdo do Acumulador para a esquerda de um bit, copiando o bit 7 na Carry. Suponha que D= 01100010 B e C= 1. Após a execução da instrução RLCA teremos A= 11000101 B e C= 0. RLC reg deve ser usado como instrução lógica.

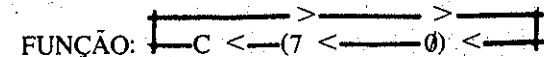
FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- 0 N- 0

TIPO: RLC (HL)
RLC (indreg + d) — EXEMPLO: RLC (IX + 04)

FUNÇÃO: C <—— (7 <———— 0) <——

Como podemos ver, este tipo de instrução é similar às duas anteriores, mas usando endereçamento indirecto ao byte em questão, a partir de HL ou de um registo de indexamento mais deslocação. Note-se que a instrução que recorre a HL necessita de 2 byte e 15 ciclos ao passo que as que usam indreg + d precisam de 4 byte e 23 ciclos de relógio.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- 0 N- 0

TIPO: RLA

FUNÇÃO: —C <——(7 <———— 0) <——

Como se pode ver pelo desenho, esta instrução roda o conteúdo do Acumulador para a esquerda de um bit, através do estado da

Carry. RLA é a mnemónica de "Rotate Acumulador Left Through Carry". Suponha que A= Ø1111Ø1Ø B e C= 1. Após a execução de RLA teremos A=1111Ø1Ø1 e C= Ø. Repare nas diferenças importantes que ocorrem neste grupo de instruções tão semelhantes, aparentemente.

FLAGS: C- X Z- NA S- NA P /O- NA AC- Ø N- Ø

TIPO: RL reg EXEMPLO: RL B

```
          +--------->--------->---+
FUNÇÃO:   +--C <--(7  <-------Ø) <--+
```

Instrução similar a RLA para os outros registos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- Ø N- Ø

TIPO: RL (HL)
RL (indreg + d) EXEMPLO: RL (IY + 55)

```
          +--------->--------->---+
FUNÇÃO:   +--C <--(7  <-------Ø) <--+
```

De novo, esta instrução é similar a RLA, mas considerando endereçamento indirecto. Note que usando HL precisamos de 2 byte e 15 ciclos de relógio, enquanto que indreg + d usa 4 byte e 23 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- Ø N- Ø

TIPO: RRCA

```
          +-----<---------<--+
FUNÇÃO:   +---> (7-------> Ø)--+---> C
```

Esta é uma instrução simétrica de RLCA, pois roda o conteúdo do Acumulador de um bit para a direita, copiando o bit Ø no estado

da Carry. Supondo que A= 1ØØØ1Ø1Ø e C= 1, após a execução de RRCA teremos A= Ø1ØØØ1Ø1 B e C= Ø.

FLAGS: C- X Z- NA S- NA P /O- NA AC- Ø N- Ø

TIPO: RRC reg EXEMPLO: RRC C

```
          +-----<---------<--+
FUNÇÃO:   +---> (7-------> Ø)--+---> C
```

Analogamente, esta instrução equivale a RRCA para os restantes registos e é simétrica a RLC reg.

FLAGS: C- X Z- X S- X P /O- P AC- Ø N- Ø

TIPO: RRC (HL)
RRC (indreg + d) EXEMPLO: RRC (IY + 145)

```
          +-----<---------<--+
FUNÇÃO:   +---> (7-------> Ø)--+---> C
```

Esta instrução pode ser descrita com as mesmas palavras de RRCA, considerando que o byte a ser operado é endereçado indirectamente por HL ou indreg + d. Note que, de modo semelhante a RCL (HL), RRC (HL) usa 2 byte e 15 ciclos e RRC (indreg + d) gasta 4 byte e 23 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- Ø N- Ø

TIPO: RRA

```
          +-------<---------<-------+
FUNÇÃO:   +---> (7-------> Ø)------> C
```

Esta instrução é simétrica de RLA. RRA significa "rode o conteúdo do Acumulador para a direita de um bit através do estado da Carry".

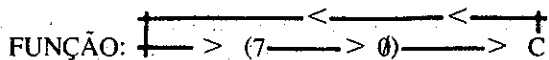
FLAGS: C- X Z- NA S- NA P / O- NA AC- Ø N- Ø

TIPO: RR reg EXEMPLO: RR L

FUNÇÃO: ——> (7——> ∅)——> C (<——<——)

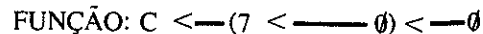
Esta instrução é análoga a RRA, considerando os outros registos, sendo ainda simétrica a RL reg.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- ∅ N- ∅

TIPO: RR (HL)
RR (indreg + d) EXEMPLO: RR (IX + 12)

Simétrica a RL (HL) e RL (indreg + d), esta instruçao desempenha a mesma função, mas rodando para a direita o byte indirectamente endereçado. Também aqui RR (HL) usa 2 byte e 15 ciclos, ao passo que RR (indreg + d) necessita de 4 byte e 23 ciclos.

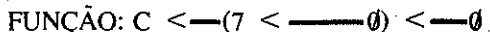
FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- ∅ N- ∅

TIPO: SLA reg EXEMPLO: SLA B

FUNÇÃO: C <—(7 <—— ∅) <—∅

Esta instrução significa "desloque para a esquerda o conteúdo do registo reg, colocando zero no bit de ordem inferior". A mnemónica corresponde ao inglês "Shift contents of register Left Arithmetic". Efectivamente, SLA reg equivale a dobrar o conteúdo de reg (multiplicar por 2).

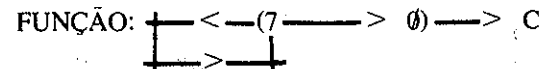
FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- X AC- ∅ N- ∅

TIPO: SLA (HL)
SLA (indreg + d) EXEMPLO: SLA (IY + 31)

FUNÇÃO: C <—(7 <—— ∅) <—∅

Esta instrução desempenha as mesmas funções de SLA reg, para byte endereçado indirectamente. Note que SLA (HL) usa 2 byte e 15 ciclos, enquanto que SLA (indreg + d) necessita de 4 byte e 23 ciclos.

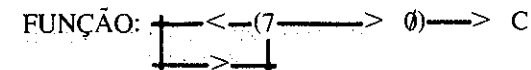
FLAGS: C- X Z- X S- X P /O- P AC- ∅ N- ∅

TIPO: SRA reg EXEMPLO: SRA A

FUNÇÃO: <—(7——> ∅)——> C (——>)

Esta instrução significa "desloque o registo reg um bit para a direita. Preserve o valor do bit mais significativo". Note que, apesar de ser um "shift" aritmético SRA reg NÃO É a instrução simétrica de SLA reg. Esta instrução tem utilidade quando usamos explicitamente a notação numérica com números positivos e negativos. SRA reg efectua a divisão por 2, mas preserva o sinal do número (bit 7).

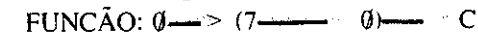
FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- ∅ N- ∅

TIPO: SRA (HL)
SRA (indreg + d) EXEMPLO: SRA (IY + 99)

FUNÇÃO: <—(7——> ∅)——> C (——>)

Esta instrução é análoga a SRA reg, usando endereçamento ındirecto ao byte a ser operado. Note que usando HL necessita de 2 byte e 15 ciclos de relógio, enquanto que indreg + d usa 4 byte e 23 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P / O- P AC- ∅ N- ∅

TIPO: SRL reg EXEMPLO: SRL H

FUNÇÃO: ∅—> (7—— ∅)—— C

Esta é a instrução simétrica a SLA reg. Note que realiza a divisão por 2 do conteúdo do registo especificado, mas não considera o seu sinal (efectivamente, o resultado é sempre positivo). É a mnemónica correspondente a "Shift contents of register Right Logically".

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- P AC- Ø N- Ø

TIPO: SRL (HL)
SRL (indreg + d) EXEMPLO: SRL (IX + Ø)

FUNÇÃO: Ø--- > (7-------- > Ø)---- > C

Esta instrução efectua a mesma operação da anterior, com endereçamento indirecto ao byte a ser operado. Também aqui SRL (HL) usa 2 byte e 15 ciclos e SRL (indreg + d) necessita de 4 byte e 23 ciclos.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/O- P AC- Ø N- Ø

Há ainda mais duas instruções de rotação, mas referi-las-emos quanto tratarmos de notação BCD (Binary-Coded-Decimal), que é uma forma de representar informação em formato decimal.

O próximo capítulo referirá as instruções que o Z8Ø dispõe para comunicar com o exterior.

CAPÍTULO 15

O MUNDO EXTERIOR — IN E OUT

O Z8Ø nunca se desloca, pois é muito comodista. Ele espera que as informações que necessita venham por uma das suas portas e por elas envia os dados que trata. Na realidade, o Z8Ø tem 256 portas (em inglês será "port", isto é, porto). No entanto, a configuração do hardware determina aquelas que são disponíveis.

O Spectrum, do modo como está concebido, permite-nos acesso a apenas duas portas: # FB e # FE; a primeira controla os contactos com a impressora e a segunda diz respeito à leitura do teclado e ao gravador (LOAD, SAVE, MERGE e VERIFY).

Sempre que o Z8Ø necessita de saber qualquer coisa, terá de ser executada uma instrução IN; reciprocamente, quando tem algo a enviar para fora, recorre a instruções OUT. A noção por detrás destes grupos de instruções é similar às funções IN e OUT do BASIC (pág. 159 em diante do Manual).

GRUPO IN

TIPO: IN A, (porta) EXEMPLO: IN A,(# FE)

FUNÇÃO: Esta instrução significa "coloque no Acumulador um byte de data a partir da porta I / O especificada". No caso do exemplo, a execução faria a leitura do teclado do Spectrum.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: IN reg,(C) EXEMPLO: IN B,(C)

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "coloque no registo reg um byte de data proveniente da porta I / O especificada pelo conteúdo do registo C". Uma particularidade desta instrução: se o segundo byte for #70, só as flags serão afectadas.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P/O- P AC- X N- 0

TIPO: IND

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "receba um input do porto I / O, especificado pelo conteúdo do registo C, e coloque-o no local de memória endereçado pelo conteúdo de HL. Decremente B e HL". Note que é equivalente a LDD para portos I / O.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: INDR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira um bloco de data do porto I / O endereçado pelo conteúdo do registo C para o local de memória endereçado pelo conteúdo de HL, indo de endereços mais altos para os mais baixos. O conteúdo de B é decrementado por cada transferência até B= 0". Note que a instrução de bloco equivalente a LDDR para portos I / O.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: INI

FUNÇÃO: Esta instrução é lida como "transfira um byte de data do porto I / O endereçado pelo conteúdo do registo C para o

local de memória endereçado pelo conteúdo de HL. Decremente B e incremente HL". Instrução equivalente a LDI para portos I / O.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: INIR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "transfira um bloco de data do porto I / O endereçado pelo conteúdo do registo C para o local de memória endereçado pelo conteúdo de HL. Decremente B e incremente HL. Repita até B= 0". Instrução equivalente a LDIR para portos I / O.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

GRUPO OUT

TIPO: OUT (porto), A EXEMPLO: OUT (# FB),A

FUNÇÃO: Esta instrução significa "envie o conteúdo do Acumulador para o porto I / O especificado". No exemplo, o conteúdo do Acumulador seria enviado para o buffer da impressora.

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: OUT (C),reg

FUNÇÃO: Esta instrução quer dizer "envie o conteúdo do registo reg para o porto I / O especificado pelo conteúdo do registo C".

FLAGS: Não são afectadas por este tipo de instrução.

TIPO: OUTD

FUNÇÃO: Esta instrução significa "envie o conteúdo do local de memória endereçado por HL para o porto I /O endereçado pelo registo C. Decremente os registos B e HL". É o oposto de IND.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: OTDR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "envie o conteúdo do local de memória endereçado por HL para o porto I / O endereçado pelo registo C. Decremente os registos B e HL. Repita até B= Ø". Note que é o oposto de INDR.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: OUTI

FUNÇÃO: Esta instrução significa "envie o conteúdo do local de memória endereçado por HL para o porto I / O endereçado pelo registo C. Decremente o registo B e incremente HL". Note que é o oposto de INI.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

TIPO: OTIR

FUNÇÃO: Esta instrução significa "envie o conteúdo do local de memória endereçado por HL para o porto I / O endereçado pelo registo C. Decremente o registo B e incremente HL. Repita até B= Ø". É o oposto de INIR.

FLAGS: C- NA Z- X S- ? P/O- ? AC- ? N- 1

O próximo capítulo tratará as instruções de interrupção.

CAPÍTULO 16

INTERRUPÇÕES

O Z8Ø examina inputs como parte de cada ciclo de instrução, que dão pelo nome inglês de "INTERRUPTS", ou seja, interrupções. Basicamente, um interrupt é um input enviado ao microprocessador, que pode ocorrer a qualquer momento e que geralmente suspende a execução do programa, sem este saber. No caso do Spectrum, o programa é interrompido 5Ø vezes por segundo, para a leitura do teclado, pela rotina da ROM que desempenha tal função.

Quando um interrupt é aceite, o conteúdo do PC é colocado no stack. Seguidamente, a rotina que provocou o interrupt coloca no PC o endereço da rotina substituta — a rotina de interrupção.

Um interrupt pode ser permitido ou não. Veremos as instruções apropriadas para o fazer. No entanto, há interrupts que não podem ser desligados — são conhecidos por "non-maskable interrupt". Não nos deteremos na descrição da resposta interna do Z8Ø aos interrupts (que é algo complexa) e que varia conforme o MØDO presente de interrupção.

O Z8Ø tem 3 modos de interrupção e é por aqui que vamos começar.

MODO Ø

TIPO: IM Ø

FUNÇÃO: Esta instrução coloca o Z8Ø no modo Ø de interrupt. Neste modo, o interrupt coloca uma instrução no DATA BUS, que o Z8Ø executará. Não afecta registos ou flags.

O input de data é feito a partir de instruções RST (que adiante veremos).

MODO 1

TIPO: IM 1

FUNÇÃO: Neste modo, o Z8Ø executa sempre um salto para RST # 38 (ou RST 56, decimal). É equivalente ao anterior se o input de data for RST # 38. Este é o modo que o Spectrum usa normalmente. Não afecta registos ou flags.

MODO 2

TIPO: IM 2

FUNÇÃO: Este modo é mais complicado, mas permite-nos fazer uso de interrupts. No modo 2, o Z8Ø usa o input de data como parte do endereço inicial da rotina alternativa (rotina de interrupt). Como, no caso do Spectrum, não fornece este byte de input, o Z8Ø "pensa" que o seu valor é # FF ou 255 decimal. Este é o byte de ordem inferior e é, portanto, fixo. O byte de ordem superior é recolhido do valor do registo I. No entanto, mexer no conteúdo do registo I pode trazer problemas, nomeadamente interferências no écran. O único processo de evitar isto é recolhermos esse byte (chamado de vector) na ROM. Em apêndice poderá ver a tabela de todos os vectores possíveis de serem usados no Spectrum, com a indicação do endereço inicial da rotina de interrupt.

Esta instrução não afecta registos ou flags.

Já vimos duas instruções usadas para colocar os vectores em I: LD I,A e LD A,I (esta última para identificar o vector).

As instruções RST n têm funções atribuídas, pois encontram-se todas na ROM. Vê-las-emos quando falarmos das rotinas úteis da ROM para utilização directa. Para já basta saber que a função que executam é similar a uma instrução CALL.

As instruções que se seguem são específicas de interrupts.

TIPO: DI

FUNÇÃO: Esta instrução pode ser lida como "desarma interrupts", do inglês Disable Interrupts. A sua execução faz com que o Z8Ø ignore interrupts e manter-se-á assim até serem "armados" de novo. Não afecta flags ou registos.

TIPO: EI

FUNÇÃO: Esta instrução pode ser lida como "arma interrupts" (em inglês, Enable Interrupts). A sua execução permite o reconhecimento posterior de interrupts, MAS SÓ DEPOIS DE MAIS UMA INSTRUÇÃO TER SIDO EXECUTADA! Por isto, muito rotinas terminam com

```
.........
.........
EI
RET
```

Isto sucede porque os interrupts são processados em série. Esta instrução não afecta registos ou flags.

TIPO: RETI

FUNÇÃO: Esta instrução significa "retorne do interrupt". É exactamente igual a RET, mas avisa também o sistema de I / O (no

caso a ULA) do fim da rotina de interrupt. Não afecta flags ou registos.

TIPO:RETN

FUNÇÃO: Esta instrução significa "retorne do interrupt não desarmável". É uma instrução sem interesse para o Spectrum, uma vez que não podemos usar este tipo de interrupt. Não afecta registos ou flags.

Veremos, nos exemplos de programas, uma rotina que usa interrupts.

O próximo capítulo tratará de notação BCD.

CAPÍTULO 17

NOTAÇÃO BCD

Basicamente, a notação BCD leva mais tempo e gasta mais memória, constituindo uma esplêndida fonte de erros.

Esta notação é uma forma de representar informação em formato decimal, como foi dito atrás. Para representarmos cada um dos dígitos de Ø a 9, necessitamos de apenas 4 bit e não são usados seis dos códigos possíveis nesta representação.

Isto quer dizer que cada byte pode substituir ou codificar dois dígitos — notação BCD. Vejamos os "nibble" (conjunto de 4 bit) correspondentes a cada um dos dígitos.

NIBBLE	ALGARISMO	NIBBLE	ALGARISMO
ØØØØ	Ø	Ø1Ø1	5
ØØØ1	1	Ø11Ø	6
ØØ1Ø	2	Ø111	7
ØØ11	3	1ØØØ	8
Ø1ØØ	4	1ØØ1	9

Os "nibble", não usados são 1Ø1Ø, 1Ø11, 11ØØ, 11Ø1, 111Ø e 1111. Esta convenção nada tem a ver com o tipo de "raciocínio" de computador, pois, por exemplo a soma

BCD Ø6 ØØØØ Ø11Ø
BCD Ø9 ØØØØ 1ØØ1

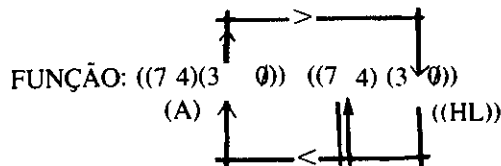
BCD 15 ØØØØ 1111

não dá um número BCD válido. Para que o resultado seja um número BCD legítimo, temos a instrução DAA, do inglês Decimal Adjust Acumulador, que soma 6 se o resultado for maior que 9, para uma adição ou tira 6 se o resultado for menor que Ø, para a subtracção. Esta instrução assume que o conteúdo do Acumulador é a soma ou a diferença de operandos BCD. Esta instrução afecta ainda todas as flags menos a N, cuja única razão de existência é precisamente avisar a instrução DAA se é soma ou subtracção de operandos que está a ser realizada. A flag P/O funciona como flag de paridade. Esta instrução só pode ser usada após instruções que obedeçam às seguintes condições:

1 — coloquem o seu resultado no Acumulador;
2 — afectam devidamente as flags C, AC e N.

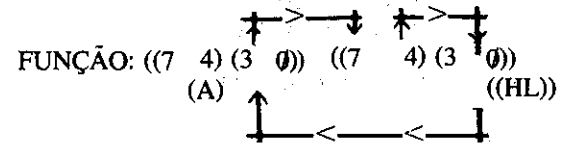
Isto implica que DAA não pode ser usada após INC, DEC ou quaisquer instruções de 16 bit que coloquem o seu resultado nos registos IX, IY ou no par HL.

Neste grupo incluímos ainda mais duas instruções que fazem rotação de números BCD.

TIPO: RLD

O primeiro byte representa o conteúdo do Acumulador e o segundo o byte endereçado por HL.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P / O- P, AC- Ø N- Ø

TIPO: RRD

FUNÇÃO: ((7 4) (3 Ø)) ((7 4) (3 Ø))
(A) ((HL))

O primeiro byte representa o conteúdo do Acumulador e o segundo o byte endereçado por HL.

FLAGS: C- NA Z- X S- X P / O- P AC- Ø N- Ø

Como se pode ver, a notação BCD é uma grande trapalhada, o que torna extremamente rara. Fica aqui explicada para os curiosos...

O nosso último capítulo sobre as instruções do Z8Ø tratará de todas as que ainda não foram comentadas.

CAPÍTULO 18

O RESTO

INSTRUÇÕES DE STATUS

Não, não é status social, mas o estado da Carry flag. Temos duas instruções que nos permitem alterar directamente o seu estado e que são:

TIPO: SCF (Set Carry Flag)

FUNÇÃO: Esta instrução faz Carry= 1, AC= 0 e N= 0.

TIPO: CCF (Complement Carry Flag)

FUNÇÃO: Se Carry= 1 faz Carry= 0; se Carry= 0 faz Carry= 1 — operação complemento. Afecta ainda a flag AC de modo desconhecido e faz N= 0.

INSTRUÇÕES SEM DESIGNAÇÃO ESPECIAL

TIPO: NOP (No OPeration)

FUNÇÃO: Nada faz, para além de refrescar as memórias voláteis e adicionar 4 ciclos de relógio ao programa, que é o seu tempo de execução.

TIPO: HALT

FUNÇÃO: O Z80 suspende a sua actividade, realizando NOPs. Necessita de um interrupt ou de um reset para que o Z80 reassuma as suas funções. Instrução muito pouco útil. O seu uso no Spectrum leva geralmente a "crash".

COMPLEMENTANDO O ACUMULADOR

TIPO: CPL

FUNÇÃO: Complementa o Acumulador ("one's complement"). Suponha que o A= 10110101 B. Após a execução de CPL, A= 01001010 B (o que estava set fica reset e vice-versa).

FLAGS: AC- 1 N- 1 As outras não são afectadas.

TIPO: NEG

FUNÇÃO: Nega o Acumulador ("two's complement"). É equivalente a subtrair o conteúdo do Acumulador de zero. Note que # 80 não é afectado.

FLAGS: C- X Z- X S- X P/ O- O AC- X N- 1

E assim vimos todas as instruções do Z80. A segunda parte deste livro referirá aplicações práticas de Assembler e particularidades no uso do Spectrum.

CAPÍTULO 19

HEX LOADER

Uma vez que, nesta segunda parte, a prática é fundamental para uma melhor compreensão e pensando naqueles leitores que, por perguiça ou falta de disponibilidades pecuniárias, não possuem ainda um Assemblador e / ou um Monitor, apresento aqui um programa em BASIC muito simples e cuja finalidade é permitir introduzir códigos hexadecimais na memória do Spectrum, obter a sua listagem no écran ou na impressora, fazer SAVE e LOAD.

O programa HEX LOADER tem a simplicidade do BASIC e, como tal, não me deterei a explicá-lo, pois presumo que o leitor interessado tem uma proficiência razoável nesta linguagem. De qualquer modo, apresenta menu de opções e foi estruturado de modo a ser à prova de "asneiras". Poderá construir programas em máquina a partir do endereço 275ØØ decimal até ao limite da memória.

Para que seja útil, os exemplos apresentados terão:

1 — Endereço em HEX;
2 — Código (s) HEX da linha de Assembler;
3 — Mnemónica;
4 — Comentários, quando apropriado.

Penso que deste modo, todos poderão beneficiar deles. E agora, se necessita do HEX LOADER, ligue o seu computador, introduza o programa, faça RUN 3Ø1Ø e guarde a cópia que gravou.

HEX LOADER

```
1 REM * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
2 REM
3 REM      HEX LOADER
4 REM
5 REM © J. PAULO FRAGOSO 1984
9 REM
1Ø REM * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * * *
11 GO TO 25
2Ø CLEAR 27499
25 POKE 236Ø9, 12Ø: POKE 23658,8
26 LET O= PI - PI: LET P= 1: LET G= 5ØØ: LET
T$= "Ø123456789ABCDEF"
3Ø CLS: PRINT AT P,12; "MENU"
4Ø PRINT AT 3,O; "1 — INPUT CODIGO HEX"
5Ø PRINT AT 5,O; "2 — SAVE CODIGO HEX"
6Ø PRINT AT 7,O; "3 — LIST CODIGO HEX"
7Ø PRINT AT 9,O; "4 — LOAD CODIGO HEX"
75 PRINT AT 11,O; "5 — RUN CODIGO HEX"
8Ø LET I= O: LET I= CODE INKEY$: IF I < 49
OR I > 53 THEN GO TO 8Ø
9Ø GO TO (G * (I= 49)) + (2 * G * (I= 50)) +
(3 * G * (I= 51)) + (4 * G * (I= 52)) + 5 * G *
(I= 53))
499 REM INPUT
5ØØ CLS: INPUT "ENDEREÇO INICIAL?";S: IF
S < 275ØØ THEN PRINT "TERÁ DE SER ACIMA
DE 275ØØ": PAUSE 15Ø: GO TO G
5Ø5 LET START= S: CLS: PRINT AT 7,0; "PARA
VOLTAR AO MENU PRIMA Z"
5Ø6 LET H$= ""
51Ø IF H$= "" THEN INPUT "HEX";H$
```

```
520 IF H$(P)= "Z" THEN GO TO 30
530 IF LEN H$ / 2 < > INT (LEN H$ / 2) THEN
PRINT "ERRO NO INPUT": GO TO 506
540 LET J= O
550 FOR L= 16 TO P STEP -15
560 LET H= CODE H$((L= 16) + 2 * (L= P))
570 IF H < 48 OR H > 70 OR (H > 57 AND H < 65)
THEN PRINT "ERRO NO INPUT": GO TO 506
580 LET J= J + L * ((H < 58) * (H-48) + (H > 64
AND H <71) * (H-55))
590 NEXT L: POKE S,J: LET S= S + 1: PRINT H$
(TO P + P);"  ";: LET H$= H$(3 TO): GO TO 510
999 REM SAVE
1000 CLS: INPUT "NOME DO PROGRAMA?":N$: IF
LEN N$ > 10 THEN PRINT "NOME MUITO
GRANDE": PAUSE 150: PAUSE 150: GO TO G + G
1010 PRINT AT 5,0: "VERIFIQUE AS LIGAÇÕES AO
GRAVADOR": SAVE N$CODE START, S + P -
START
1020 PRINT AT 7,O; "DESEJA FAZER VERIFY? (S / N)"
1030 LET I=O:LET I= CODE INKEY$: IF I< > 83
AND I< > 78 THEN GO TO 1030
1040 IF I= 83 THEN CLS: PRINT AT 7,O;" VERIFIQUE
AS LIGAÇÕES AO GRAVADOR PARA VERIFI
CAR";N$: VERIFY N$CODE
1050 PRINT AT 12,O; "VERIFICADO";AT 14,O; "PRI
MA QUALQUER TECLA PARA MENU": PAUSE
0: GO TO 30
1499 REM LIST
1500 CLS: PRINT AT 7,O; "DESEJA IMPRIMIR OU VER?"
1510 LET I= O: LET I= CODE INKEY$: IF I < > 73
AND I< > 86 THEN GO TO 1510
1520 IF I= 73 THEN GO TO 1750
1530 FOR N= START TO S STEP 5
1540 FOR M= O TO 4
1550 LET Y= INT (PEEK (N + M) / 16): LET X= PEEK
(N + M) — 16 * INT (PEEK (N + M) / 16)
1560 PRINT TAB 6 + M * 5; T$(Y + P); T$(X + P);
1570 NEXT M
1580 NEXT N
1590 PAUSE O: PAUSE O: GO TO 30
1750 FOR N= START TO S STEP 5
1760 FOR M= O TO 4
1770 LET Y= INT (PEEK (N + M) / 16): LET X= PEEK
(N + M) -16 * INT (PEEK (N + M) / 16)
1780 LPRINT TAB 6 + M * 5 ; T$(Y + P); T$(X+ P);
1790 NEXT M
1800 NEXT N
1810 GO TO 30
1999 REM LOAD
2000 CLS: PRINT AT 1,O; "VERIFIQUE AS LIGAÇÕES
AO GRAVADOR. NOTE QUE SE O PROGRAMA
COMECAR ANTES DE 27500, ESTE PROGRAMA
COLOCÁ-LO-A AUTOMATICAMENTE A PARTIR
DE 27500"
2010 LOAD ""CODE 27500
2020 GO TO 30
2499 REM RUN
2500 CLS: PRINT AT 1,0, "FEZ UMA COPIA EM CAS
SETTE DO PROGRAMA DE CODIGO'— MAQUI
NA? SE O DESEJA FAZER PRIMA M PARA VOL
TAR AO MENU; QUALQUER OUTRA TECLA PA
RA CONTINUAR."
2510 LET I= O:CODE INKEY$: IF I= O THEN GO TO 2510
2520 IF I= 77 THEN GO TO 30
2530 INPUT "ENDEREÇO INICIAL?";W: CLS: PRINT
USR W: PAUSE O: GO TO 30
3000 REM SAVE HEX LOADER
3010 SAVE "HEX LOADER" LINE 20: RUN 20
```

CAPÍTULO 20

APRENDENDO A SOMAR

Neste capítulo veremos alguns pequenos programas em Assembler que constituem os nossos primeiros passos neste tipo de programação. Antes de começarmos, importa esclarecer que, de um modo geral, os programas assumem que os byte de memória usados para guardar resultados contêm inicialmente # ØØ, salvo quando mencionado o contrário. Todos os programas apresentados neste capítulo iniciam-se em # 6DØØ (ou 279Ø4 decimal) e os byte a partir de # 6CØØ (27648) até # 6CFF servirão para guardarmos valores (''data'' ou dados). Os programas apresentam ainda diversos modos de abordar o problema proposto (não há dois programadores que façam um programa da mesma maneira para um mesmo fim, geralmente), visando esclarecer e não propriamente demonstrar a maneira mais eficiente, em termos de poupança de memória e /ou tempo.

PROBLEMA: somar dois números de 8 bit (partindo do princípio de que a sua soma é inferior ou igual a # FF), encontrando-se o primeiro em # 6CØØ e o segundo em # 6CØ1. Colocar o resultado em # 6CØ2.

Versão 1: usar (HL) e A.

```
END.  HEX        ASSEMBLER
                 ORG # 6DØØ
6DØØ  21ØØ6C     LD HL,# 6CØØ ; inicialização
6DØ3  7E         LD A, (HL)   ; primeiro número
6DØ4  23         INC HL
6DØ5  86         ADD A, (HL)  ; é somando ao segundo
6DØ6  23         INC HL
6DØ7  77         LD (HL),A    ; e finalmente guardado
6DØ8  C9         RET          ; retorno ao BASIC
```

Depois de introduzir o programa na memória, há que dar valores aos byte indicados (# 6CØØ e # 6CØ1). Poderá para tal usar POKE, a partir do BASIC (não se esqueça de CLEAR 27647, caso não esteja a utilizar o HEX LOADER e isto ANTES de meter o código ou a assemblagem). Para obter o resultado faça PEEK. Poderá misturar com BASIC:

```
1Ø INPUT A,B
2Ø POKE 27648,A: POKE 27649,B
3Ø RANDOMIZE USR 279Ø4
4Ø PRINT PEEK 2765Ø
5Ø GO TO 1Ø
```

Fartar-se-á logo que introduza dois números cuja soma seja superior a 255, pois começarão a aparecer erros nestes casos. Antes de resolvermos tal problema vejamos outra versão, que usa endereçamento directo.

Versão 2:

```
                 ORG # 6DØØ
6DØØ  3AØØ6C     LD,A (# 6CØØ) ; primeiro número
6DØ3  47         LD B,A
6DØ4  3AØ16C     LD A,(# 6CØ1) ; segundo número
6DØ7  8Ø         ADD A,B
6DØ8  32Ø26C     LD (# 6CØ2),A ; o resultado é guardado
6DØB  C9         RET
```

Esta versão gasta mais byte, por causa do endereçamento directo. Gasta 57 ciclos de relógio, ao passo que a primeira gasta apenas 37! Moral da história: sempre que fizer operações sobre byte consecutivos de memória, use endereçamento indirecto. Note, porém, que necessitará de inicializar HL.

Vejamos agora o mesmo problema re-equacionado.

PROBLEMA: somar dois números de 8 bit, encontrando-se o primeiro em # 6CØØ e o segundo em # 6CØ1. Garantir que o resultado seja correcto, caso exceda # FF. Colocar o resultado em # 6CØ3 e # Ø1 em # 6CØ2, se a soma exceder # FF. Iniciar o programa em # 6DØØ.

Versão 1:

```
6DØØ  21ØØ6C        LD HL,# 6ØØØ   ; inicializar HL
6DØ3  7E            LD A,(HL)      ; primeiro número
6DØ4  23            INC HL
6DØ5  A7            AND A          ; garantir que a Carry=Ø
6DØ6  86            ADD A,(HL)     ; efectuar soma
6DØ7  23            INC HL
6DØ8  3ØØ2          JR NC,FIM      ; salta para #6DØC se
                                     Carry= Ø
6DØA  CBCE          SET Ø,(HL)     ; (# 6CØ2)= # Ø1
6DØC  23      FIM   INC HL
6DØD  77            LD (HL),A      ; resultado guardado em
                                     # 6CØ3
6DØE  C9            RET
```

A única linha do BASIC que temos de alterar é:

```
4Ø PRINT (PEEK 2765Ø + 256 * PEEK 27651): POKE 2765Ø,Ø
```

A justificação da última instrução é simples: permitirmos que o byte # 6CØ2 seja reinicializado para cálculos posteriores. Vemos que agora podemos calcular qualquer soma de números de 8 bit.

Versão 2: O mesmo problema, mas guardando o resultado no par BC.

Note que # 6CØ2 — # 6CØ3 guardando o conteúdo de BC.

```
6DØØ  Ø1ØØØØ         LD BC,# ØØØØ   ; inicializar BC
6DØ3  21ØØ6C         LD HL,#6CØØ    ; inicializar HL
6DØ6  7E             LD A, (HL)     ; primeiro número
6DØ7  23             INC HL
6DØ8  A7             AND A          ; garantir que Carry= Ø
6DØ9  86             ADD A, (HL)    ; efectuar soma
6DØA  23             INC HL
6DØB  4F             LD C, A        ; guardar LSB em C
6DØC  3ØØ2           JR NC, FIM     ; salta para# 6D1Ø se Carry= Ø
6DØE  Ø6Ø1           LD B,# Ø1      ; se Carry= 1
6D1Ø  71       FIM   LD (HL), C     ; colocar LSB em# 6CØ2
6D11  23             INC HL
6D12  7Ø             LD (HL), B     ; colocar MSB em# 6CØ3
6D13  C9             RET
```

De novo, temos alteração na linha 4Ø:

```
4Ø PRINT (PEEK 2765Ø + 256 * PEEK 27651)
```

Repare que, neste caso, o programa em código restaura sempre os valores dos byte usados para guardar o resultado. Note também que, se correr este programa a partir do HEX LOADER (após colocar os valores a somar nos byte apropriados através de um comando directo e retornar ao HEX LOADER com GO TO 11 ou GO TO 25, para não destruir as variáveis), obterá o valor correcto imprimido no écran. Isto deve-se ao facto do HEX LOADER imprimir no écran o conteúdo do par BC ao regressar ao BASIC, uma vez que o comando que usa é PRINT USR endereço. A função USR seguida de um número (o seu argumento) dá como resultado o conteúdo do par BC (pág. 18Ø do Manual do Spectrum).

PROBLEMA: Somar dois números de 16 bit, estando o primeiro em # 6ØØØ - # 6CØ1 e o segundo em # 6CØ2 - # 6CØ3. Co-

locar o resultado em # 6CØ4 - # 6CØ5. Começar o programa em # 6DØØ. Não usar instruções de soma de 16 bit; usar apenas instruções de soma de 8 bit (soma em cadeia).

Versão 1: endereçamento indirecto por HL

```
                        ORG# 6DØØ
6DØØ    21ØØ6C          LD HL,# 6CØØ    ; inicialização de HL
6DØ3    7E              LD A, (HL)      ; LSB do primeiro número
6DØ4    23              INC HL
6DØ5    23              INC HL
6DØ6    A7              AND A           ; garantir Carry= Ø
6DØ7    86              ADD A, (HL)     ; somar LSB's dos números
6DØ8    23              INC HL
6DØ9    23              INC HL
6DØA    77              LD (HL), A      ; guardar LSB do resultado
6DØB    2B              DEC HL
6DØC    7E              LD A, (HL)      ; MSB do segundo número
6DØD    2B              DEC HL
6DØE    2B              DEC HL
6DØF    8E              ADC A, (HL)     ; somar MSB's dos números
6D1Ø    23              INC HL
6D11    23              INC HL
6D12    23              INC HL
6D13    23              INC HL
6D14    77              LD (HL),A       ; guardar MSB do resultado
6D15    C9              RET             ; retorno ao BASIC
```

Como exercicio poderá construir as linhas de BASIC para dar valores aos byte de data16 e para ler o resultado. Note que a rotina actualiza os byte onde coloca o resultado, pois ao colocar os novos valores apaga os anteriores. Verá que o programa erra para resultados superiores a # FFFF.

Versão 2: usando endereçamento indexado:

```
                        ORG # 6DØØ
6DØØ    DD21ØØ6C        LD IX,# 6CØØ        ; inicializando IX
6DØ4    DD7EØØ          LD,A (IX + Ø)       ; LSB do primeiro número
6DØ7    A7              AND A               ; garantir que Carry= Ø
6DØ8    DD86Ø2          ADD A, (IX + 2)     ; somar LSB's dos números
6DØB    DD77Ø4          LD (IX + 4),A       ; guardar LSB do resultado
6DØE    DD7EØ1          LD A, (IX + 1)      ; MSB do primeiro número
6D11    DD8EØ3          ADC A, (IX + 3)     ; somar MSB's dos números
6D14    DD77Ø5          LD (IX + 5),A       ; guardar MSB do resultado
6D17    C9              RET                 ; retorno ao BASIC
```

Repare que esta versão não só usa mais byte como demora mais tempo a ser executada. No entanto, demonstra o uso dos registos de indexamento. Também erra se o resultado for superior a # FFFF.

PROBLEMA: somar dois números de 16 bit, estando o primeiro em # 6CØØ - # 6CØ1 e o segundo em # 62Ø2 - # 6CØ3. Colocar o resultado em # 6CØ4 - # 6CØ5. Começar o programa em # 6DØØ. Use instruções de soma de 16 bit.

```
                        ORG # 6DØØ
6DØØ    2AØØ6C          LD HL,(# 6CØØ)      ; recolher primeiro número
6DØ3    ED5BØ26C        LD DE,(# 6CØ2)      ; recolher segundo número
6DØ7    19              ADD HL,DE           ; efectuar soma
6DØ8    22Ø46C          LD (# 6CØ4),HL      ; guardar resultado
6DØB    C9              RET                 ; retorno ao BASIC
```

Realmente bem mais prático, mas continua a dar erro para resultados superiores a # FFFF.

PROBLEMA: considere o problema acima, mas garantindo que o resultado final é correcto, se exceder # FFFF; neste caso coloque # Ø1 em # 6CØ6 (ou # ØØ se não passar de # FFFF).

```
                              ORG # 6DØØ
6DØØ    2AØØ6C                LD HL,(#6CØØ)      ; recolher primeiro número
6DØ3    ED5BØ26C              LD DE,(# 6CØ2)     ; recolher segundo número
6DØ7    AF                    XOR A              ; Acumulador= # ØØ
6DØ8    A7                    AND A              ; Carry= Ø
6DØ9    19                    ADD HL,DE          ; efectuar soma
6DØA    22Ø46C                LD (# 6CØ4),HL     ; guardar resultado
6DØD    3ØØ1                  JR NC, FIM         ; se Carry= Øvai para # 6D1Ø
6DØF    3C                    INC A              ; Acumulador= # Ø1
6D1Ø    32Ø66C        FIM     LD (# 6CØ6),A      ; guardar eventual carry
6D11    C9                    RET                ; retorno ao BASIC
```

Note que saberemos o resultado fazendo PRINT PEEK 27654: se obtivermos zero o resultado ocupa apenas 2 byte (é inferior ou igual a # FFFF); se obtivermos 1, o resultado será lido correctamente com o comando:

PRINT (PEEK 27652 + 256 * PEEK 27653) + 65536

Finalizarei este capítulo dedicado às somas com alguns exercícios para o leitor praticar.

Exercícios: resolva os mesmos problemas, mas para a operação subtracção. Note que o método de extrair um resultado negativo correcto de uma subtracção é análogo ao da soma: teste a Carry flag. E lembre-se de que só há instruções de subtracção de 16 bit com a Carry flag (SBC). É a programar que aprenderá a dominar Assembler!

CAPÍTULO 21

ALGUMAS ROTINAS ÚTEIS DA ROM

Muitas das rotinas que necessitamos já se encontram na ROM do seu Spectrum. Para as usarmos temos, no entanto, de saber onde estão e os parâmetros que necessitam.

Veremos em primeiro lugar aquelas que podemos aceder com apenas um byte, através da instrução RST # NN.

RST # ØØ — É equivalente a desligar e ligar o computador. Faz o reset do sistema, continuando através de um salto absoluto em # 11CB (NEW).

RST # Ø8 — Esta rotina controla as mensagens de erro. O stack é limpo e a mensagem produzida.

RST # 1Ø — A rotina de imprimir o conteúdo do Acumulador. Prossegue em # 15F2. Veremos como usar.

RST # 18 — A rotina que vai buscar o carácter.

RST # 2Ø — A rotina que vai buscar o carácter seguinte.

RST # 28 — A rotina de entrada na "calculadora" de vírgula flutuante. Salta para # 335B.

RST # 3Ø — A rotina de criação de espaço no "work space" (espaço de trabalho).

RST # 38 — A rotina dos interrupts desarmáveis. Actualiza o relógio e lê o teclado (faz CALL #Ø2BF).

Vejamos como usar RST # 1Ø, que imprime caracteres válidos no écran.

IMPRIMINDO NO ÉCRAN

Para obviar o trabaho de manipular directamente o écran, que será tema do próximo capítulo, podemos usar duas rotinas da ROM para o fazer. Qualquer delas terá de ser precedida pela sequência seguinte, que abre o canal S (de Screen).

```
HEX       ASSEMBLER

3EØ2      LD A,# Ø2
CDØ116    CALL #16Ø1
```

Em seguida, teremos instruções do tipo LD A, #NN, seguidas por RST # 1Ø, até finalizarmos com RET. RST # 1Ø permite não só imprimir qualquer carácter no écran, como também mudar a posição presente de impressão, AT, TAB, comandos de uma tecla e cores temporárias. O seguinte programa ilustra estes aspectos (usa ainda uma rotina que explicaremos adiante).

```
HEX       ASSEMBLER     COMENT.

3EØ2      LD A,# Ø2     ; ABRIR CANAL "S"
CDØ116    CALL # 16Ø1
Ø618      LD B,# 18     ; LIMPAR 24 LINHAS DO ECRAN
CD44ØE    CALL # ØE44
3E16      LD A,# 16     ; AT 1Ø,8
```



```
D7        RST #1Ø
3EØA      LD A,# ØA
D7        RST # 1Ø
3EØ8      LD A,# Ø8
D7        RST # 1Ø
3E1Ø      LD A,#1Ø      ; INK 2
D7        RST # 1Ø
3EØ2      LD A,#Ø2
D7        RST # 1Ø
3E11      LD A,# 11     ; PAPER 6
D7        RST # 1Ø
3EØ6      LD A,# Ø6
D7        RST # 1Ø
3E5A      LD A, # 5A    ; PRINT "Z"
D7        RST # 1Ø
3E38      LD A,# 38     ; PRINT "8"
D7        RST # 1Ø
3E3Ø      LD A,# 3Ø     ; PRINT "Ø"
D7        RST # 1Ø
C9        RET
```

Pode colocar este programa onde quiser, acima de RAMTOP. Há outro método de fazer algo semelhante: impressão no écran de strings. Para tal, coloca-se em DE o endereço inicial e o seu comprimento em BC. Depois é só chamar a rotina em # 2Ø3C:

```
END.   HEX        ASSEMBLER                      COMENT.

                  ORG# 6DØØ
6DØØ   3EØ2       LD A,# Ø2                      ; ABRIR CANAL "S"
6DØ2   CDØ116     CALL# 16Ø1
6DØ5   Ø618       LD B,# 18                      ; LIMPAR 24 LINHAS
6DØ7   CD44ØE     CALL# ØE44
6DØA   11146D     LD DE,# 6D14                   ; INÍCIO
6DØD   Ø112ØØ     LD BC,# ØØ12                   ; COMPRIMENTO
6D1Ø   CD3C2Ø     CALL# 2Ø3C                     ; IMPRIME
6D13   C9         RET                            ; RETORNA AO BASIC
6D14   11ØØ1ØØ5   DEFB # 11, #ØØ, # 1Ø, #Ø 5
6D18   16ØAØ85A   DEFB # 16, # ØA, # Ø8
6D1C   38302Ø41   DEFM "Z8Ø ASSEMBLER"
6D2Ø   5353454D
6D24   424C4582
```

Isto equivale ao BASIC:

CLS: PRINT PAPER 0; INK 5; AT 10 8; "Z80 ASSEMBLER"

Vejamos de seguida como produzir som através de código de máquina. Fundamentalmente, podemos usar duas rotinas da ROM. A primeira é conhecida por BEEPER e permite-nos criar sons mais versáteis do que a segunda, que é a rotina de comando BEEP.

A subrotina BEEPER controla o altifalante do Spectrum. Este é activado com o bit D4 igual a zero durante uma instrução OUT que use a porta 254 (# FE). De modo similar, quando D4 é igual a um, o altifalante é desactivado. O som é produzido na base de sequências muito rápidas liga-desliga.

Para usarmos esta subrotina teremos de colocar em DE a frequência do som multiplicada pela duração (f * t) e em HL o valor resultante da equação HL= 437500 /f-30.125, após o que chamamos a subrotina com CALL # 03B5.

A rotina BEEP é mais complicada de usar, pois recorre à calculadora. Essencialmente, entra-se nesta rotina com dois números no stack da calculadora: o do topo é a "altura" da nota e o imediatamente abaixo é a sua duração. Depois chama-se a rotina BEEP com CALL # 03F8. Chamo aqui a atenção do leitor para a relativa dificuldade de manipular a calculadora do Spectrum. Teremos oportunidade de a ver com algum detalhe mais adiante.

Recorrendo ao código de máquina podemos fazer SAVE, LOAD, MERGE e VERIFY de programas. Em particular é-nos permitido usar a ROM para gravarmos e lermos programas sem "header" (o primeiro bloco que é carregado). Veremos de seguida a rotina SA-BYTES e LD-BYTES. Em qualquer dos casos o par DE deverá conter o comprimento do bloco de bytes a ser tratado, o registo IX o endereço inicial do bloco e o Acumulador o valor # 00 para um header, ou valor # FF para um bloco de programa ou data. Depois basta fazer CALL # 04C2 para SAVE ou CALL # 0556 para LOAD. Adicionalmente, quando fazendo LOAD, a Carry deve ser igual a 1.

Exemplo de SAVE e LOAD de um bloco de programa sem header:

SAVE

```
LD A,# FF
LD IX,# NNNN ; INÍCIO
LD DE,# NNNN ; COMPRIMENTO
CALL# 04C2 ; SAVE
RET
```

LOAD

```
LD A,# FF
LD IX,# NNNN ; INÍCIO
LD DE,# NNNN ; COMPRIMENTO
SCF          ; CARRY= 1
CALL# 0556   ; LOAD
RET
```

A subrotina que se segue é conhecida por CLEAR-LINES ou CL-LINES. A sua finalidade é apagar x linhas do écran a contar da linha de baixo. Antes de a chamar há que carregar o registo B com o número de linhas a apagar. Depois, CALL# 0E44.

Exemplo: apagar as 16 linhas inferiores (partindo do princípio de que o canal "S" está aberto).

```
LD B,# 10     ; APAGAR AS 16 LINHAS INFERIORES
CALL# 0E44
RET
```

Chamo aqui a atenção do leitor para o pormenor de assegurar a abertura do canal "S". Abaixo veremos como abrir os diversos canais do Spectrum, embora já tenhamos utilizado atrás essa rotina. Note que tanto esta rotina como a seguinte não afectam o canal em uso.

Vamos agora ver a rotina CL-SCROLL, que permite o scroll de x linhas do écran, terminando com o recurso a CL-LINES para limpar a linha inferior. O número de linhas a fazer scroll é colocado em B, mas obedecendo à seguinte expressão: B= número real de linhas a serem afectadas menos um. Exemplo: fazer scroll a todas as linhas menos as duas de cima (assumindo o canal "S" aberto).

```
LD B,# 15     ; SCROLL DE TODO O ECRAN, MENOS AS
CALL# 0E00    ; DUAS LINHAS SUPERIORES
RET
```

A unidade standard do Spectrum, isto é sem o Interface 1 ligado, permite que o utilizador tenha acesso a três deles sem aparecer a reportagem de erro "INVALID STREAM": são os canais "K", "S" e "P". Os canais #00 e # 01 são iguais, abrindo o canal "K" - a(s) linha(s) inferior(s) do écran, onde aparecem as reportagens do sistema operativo, inputs, etc. O canal # 02 é o canal "S", o resto do écran. Finalmente o canal #03 é o canal "P", da impressora (ZX PRINTER ou TS 2040). Os canais são abertos colocando no Acumulador o valor apropriado e chamando a rotina em # 1601. Exemplo: abrir o canal "P"

```
LD A, # 03     ; SINALIZAR IMPRESSORA
CALL# 1601     ; ABRIR CANAL "P"
RET
```

Para terminar esta breve passagem pela ROM, mencionaremos agora como ler o teclado do Spectrum a partir da linguagem máquina.

Podemos fazê-lo de várias maneiras:

1 — leitura indirecta através da variável do sistema LAST-K;
2 — usando instruções IN como a rotina KEY-SCAN em # 028E;
3 — chamar a rotina KEY-SCAN e comparar os valores obtidos com valores conhecidos;
4 — reproduzir a rotina de INKEY$ em # 2646.

Deixo o leitor com uma rotina de input alfa-numérico que recorre ao método 4 e com a recomendação de estudar o excelente livro "THE COMPLETE SPECTRUM ROM DISASSEMBLY", onde poderá acompanhar as rotinas que aqui vimos (e todas as outras).

A rotina de input que abaixo se segue obedece ao formato das rotinas apresentadas no Capítulo 20. O leitor tem a minha permissão para a usar nos seus programas **particulares**. Qualquer uso desta rotina em programas comerciais sem a minha autorização escrita é ilegal e constitui violação dos direitos de autor.


```
                             ORG # 6D00
6D00   21FE6C    INÍCIO      LD HL,# 6CFE       ; indicador do último carác-
                                                ; ter entrado
6D03   3600                  LD (HL),# 00
6D05   23                    INC HL
6D06   366C                  LD (HL),# 6C
6D08   CD8E02    KEYSCN      CALL # 028E        ; busca do teclado
6D0B   0E00                  LD C,# 00
6D0D   20F9                  JR NZ,KEYSCN       ; nada premido ou demais
6D0F   CD1E03                CALL # 031E        ; teste valor da tecla
6D12   30F4                  JR NC, KEYSCN      ; valor ilegal
6D14   15                    DEC D              ; preparação de valores para
6D15   5F                    LD E,A             ; a rotina que se segue
6D16   CD3303                CALL# 0333         ; descodificação do valor da
                                                ; tecla premida
6D19   FE0D                  CP #0D             ; é ENTER?
6D1B   381C                  JR C,BUZZER        ; não, é ilegal
6D1D   2846                  JR Z,BIPBIP        ; sim, prossegue adiante
6D1F   FE20                  CP# 20             ; é SPACE?
6D21   3816                  JR C,BUZZER
6D23   2840                  JR Z,BIPBIP
6D25   FE30                  CP # 30            ; são números?
6D27   3810                  JR C,BUZZER
6D29   FE3A                  CP # 3A
6D2B   3838                  JR C,BIPBIP
6D2D   FE41                  CP# 41             ; são letras?
6D2F   3808                  JR C,BUZZER
6D31   FE5B                  CP # 5B
6D33   3830                  JR C,BIPBIP
6D35   FE5F                  CP # 5F            ; é SYMBOL SHIFT + 0?
6D37   280B                  JR Z, DELETE       ; sim. Vai para DELETE
6D39   112800    BUZZER      LD DE,# 0028       ; valores ilegais fazem soar
6D3C   215211                LD HL,# 1152       ; um sinal grave
6D3F   CDB503                CALL # 03B5        ; BEEPER
6D42   18C4                  JR KEYSCN          ; volta para nova tecla
6D44   2AFE6C    DELETE      LD HL, (# 6CFE)    ; último caract. entrado
6D47   11006C                LD DE #6C00        ; início do buffer de input
6D4A   A7                    AND A              ; Carry= 0
6D4B   ED52                  SBC HL, DE         ; DELETE para trás do buffer
6D4D   28EA                  JR Z,BUZZER        ; não é permitido
6D4F   2AFE6C                LD HL,(# 6CFE)     ; restaura HL
6D52   2B                    DEC HL             ; efectua DELETE
6D53   22FE6C                LD (#6CFE),HL      ; no buffer
6D56   2A845C                LD HL, (# 5C84)    ; e na var. do écran
6D59   2B                    DEC HL
6D5A   22845C                LD (# 5C84),HL
6D5D   11003D                LD DE,# 3D00       ; efectua DELETE no écran
6D60   CD7F0B                CALL# 0B7F         ; PRINT ALL-CHARCTS.
6D63   181A                  JR BIIIIP          ; executa
6D65   2AFE6C    BIPBIP      LD HL. (# 6CFE)    ; recolhe última posição e
```

```
6D68   23                 INC HL             ; incrementa-a antes de de-
6D69   22FE6C             LD (# 6CFE),HL     ; volver indicador
6D6C   77                 LD(HL),A           ; coloca carácter no buffer
6D4D   F5                 PUSH AF            ; preserva carácter
6D6E   3E02               LD A, # 02         ; canal "S"
6D70   CD0116             CALL # 1601        ; CHAN-OPEN
6D73   F1                 POP AF             ; retoma carácter
6D74   D7                 RST # 10           ; e imprime-o
6D75   2AFE6C             LD HL,(# 6CFE)     ; teste ao fim do buffer
6D78   F5                 PUSH AF            ; preserva carácter
6D79   3E3F               LD A,# 3F
6D7B   BD                 CP L               ; fim do buffer?
6D7C   CA006D             JP Z,INÍCIO        ; sim. Input longo
6D7F   11F000 BIIIP       LD DE,# 00F0       ; sinal agudo de aceite
6D82   210402             LD HL,# 0204
6D85   CDB503             CALL # 03B5        ; BEEPER
6D88   F1                 POP AF             ; restaura carácter
6D89   FE0D               CP # 0D            ; último teste a ENTER
6D8B   DA916D             JP C,FIMINP        ; terminou input
6D8E   C3086D             JP KEYSCN          ; novo carácter
6D91   C9     FIMINP      RET                ; FIM DA ROTINA
```

Note que # 6CFE-# 6CFF actua como indicador de 16 bit do último carácter aceite, sendo restaurado em INÍCIO. O Leitor poderá complementar a rotina com uma outra que seja chamada antes desta e que tenha por fim limpar o buffer de 63 caracteres (mais # 0D), bem como fazer uma rotina de tratamento do input, que poderá começar em # 6D91, substituindo o RET. Poderá colocar a rotina noutro local da memória, desde que substitua os endereços absolutos usados. Poderá ainda modificar a rotina para o canal "K" ou para imprimir num ponto qualquer do écran.

E agora vamos tratar da manipulação directa do écran e dos atributos.

CAPÍTULO 22

MANIPULANDO O ÉCRAN

Vimos como usar a ROM para imprimir caracteres no écran. No entanto, se pensamos criar outro tipo de efeitos gráficos, como a movimentação de "sprites" ou mesmo UDG's em alta resolução e sem o efeito de "pisca-pisca", há necessidade de manipular directamente o écran.

Se consultar o seu Manual do Spectrum na página 165 encontrará o mapa da memória RAM. Começa em 16384 (#4000) com o "DISPLAY FILE", isto é, onde se colocam as coisas no écran e que termina em 22527 (# 57FF) inclusive. São 6144 (#1800) byte. Depois temos o "ATTRIBUTE FILE", ou seja, como as coisas aparecem no écran, começando em 22528 (# 5800) e terminando em 23295 (# 5AFF) inclusive. São 768 (# 0300) byte. Para já podemos constatar que a notação HEX dá-nos números fáceis de trabalhar. Veremos que não é por acaso.

Passarei a referir o "Display file" pela abreviatura DIF e o "Attribute file" pela abreviatura ATF.

O DIF

Importa que compreendamos como está organizado o DIF. Para tal, introduza o seguinte programa em BASIC:

```
10 FOR N= 10 TO 80 STEO 10
15 INK (RND * 6) + 1
20 CIRCLE 127,87,N
30 NEXT N
40 SAVE "CIRCULO" SCREEN$: NEW
```

O seu computador desenhará oito circunferências concêntricas de cores aleatórias e preparar-se-á para gravar a imagem. Coloque uma cassette no seu gravador e proceda à operação. No fim o Spectrum limpará toda a memória usada. Prima:

LOAD ""SCREEN$

Rebobine a fita e observe a entrada da imagem: corre a linha superior de pixels, depois salta sete, corre outra linha, salta sete e assim por diante até um terço do écran. Depois corre a segunda linha de pixels, salta sete, corre outra linha e vai repetindo este processo até toda a informação do primeiro terço estar no écran. O procedimento para o segundo e terceiro terços é similar. Seguem--se as cores: aqui o Spectrum vai introduzindo as ditas de acordo com as posições PRINT. Conclusões: o DIF é organizado em alta resolução e dividido em três blocos, com um arranjo que não parece fácil de manipular; o ATF está organizado em baixa resolução (a mesma do texto) e parece fácil de manipular.

Acontece que o DIF não é tão difícil de usar como parece, se nos concentrarmos na notação HEX. Vejamos os endereços do primeiro e último byte de cada bloco:

BLOCO	LINHAS	END. INICIAL	END. FINAL
1	0 — 7	# 4000	# 47FF
2	8 — 15	# 4800	# 4FFF
3	16 — 23	# 5000	# 57FF

Mais uma vez, os números HEX apontam para uma fácil manipulação do DIF. Vejamos agora o primeiro bloco em pormenor, (a discussão seguinte é análoga para os outros dois blocos).

Se nos lembramos que cada posição PRINT necessita de 8× 8 byte (64) e que há 32 destas posições em cada linha, o passo seguinte é desenvolvermos este raciocínio em notação HEX. 32 é # 20: um número simpático para trabalhar. Por outro lado, cada bloco contém 32× 8× 8= 2048 byte, que em HEX dá # 0800: outro número simpático. Vimos que os byte correspodem à ordem: todos os primeiros byte do bloco, todos os segundos byte do bloco, etc., o que dá o salto de 7. Ora isto significa que, por exemplo, o primeiro byte da primeira posição PRINT do écran dista do segundo de 32× 8= 256 ou # 0100: mais um número simpático!

Vamos tirar conclusões:

1 — para cada posição PRINT o primeiro byte dista dos seguintes um múltiplo de # 100;

2 — um byte de uma posição PRINT dista do seu byte análogo na posição PRINT imediatamente abaixo ou acima, num mesmo bloco, de # 20;

3 — um byte num bloco dista do byte com a mesma posição relativa noutro bloco qualquer de # 800 ou # 1600, consoante o bloco de referência e o bloco referenciado.

É altura de passarmos à prática e testarmos as nossas conclusões. Vamos construir um programa que nos preencha a preto a primeira posição PRINT do primeiro bloco:

```
                     ORG # 6D00
6D00  210040         LD HL, # 4000   ; primeiro byte do DIF
6D03  3EFF           LD A, # FF      ; todos os bit set (= 1)
6D05  110010         LD DE, # 0100   ; incrementador de endereço
6D08  0607           LD B, # 07      ; contador do loop
6D0A  77       LOOP  LD (HL),A
6D0B  19             ADD HL, DE
6D0C  10FE           DJNZ LOOP
6D0D  C9             RET
```

Vamos agora verificar a segunda conclusão, preenchendo a preto todos os primeiros byte das posições PRINT do primeiro bloco. Para tal só necessitamos de alterar os byte # 6D06 - 6D07 do programa acima, dando:

```
6D05 110200     LD DE,# 0020
```

Até aqui tudo bem. Para testarmos a terceira conclusão vamos preencher a preto o primeiro byte de cada bloco. Podemos usar o mesmo programa, se alterarmos duas linhas para:

```
6D05    110008    LD DE,# 0800
6D08    0602      LD B, #02
```

Afinal, a manipulação do DIF não é a dificuldade em código de máquina que é em BASIC (já viu os POKE's que tinha de fazer e os números decimais que tinha de usar?), com a vantagem adicional de podermos usar as duas linhas inferiores do écran.

E quando queremos ter um UDG a passear de um bloco para outro, perguntará o leitor, como se resolve o caso limite? Nada mais simples! Repare que, por exemplo, o último byte do primeiro bloco, que corresponde ao byte de "baixo" da posição PRINT 15,31, tem o endereço # 4FFF. Ora os 32 byte seguintes correspondem aos primeiros byte das posições PRINT da linha 16. Isto significa que, nos casos limite, as nossas conclusões terão de ser ajustadas para:

4 — para cada posição PRINT da última linha do bloco 1 o primeiro byte dista do seu byte análogo na primeira linha do bloco 2 de #820 e de # 1620 se considerarmos o seu análogo no bloco 3.

5 — para cada posição PRINT da última linha do bloco 1 o último byte dista do primeiro byte da posição PRINT análoga na primeira linha do bloco 2 de # 20 e de # 820 se considerarmos a posição PRINT análoga bo bloco 3.

Isto quer dizer que, se o leitor está a pensar fazer o seu jogo "arcade" que irá ser o sucesso deste ano, terá de ter uma rotina para testar a posição dos UDG's (ou dos sprites, se REALMENTE o jogo pretender ser um SUCESSO) nos casos limite e substituir a rotina normal de movimentação dos mesmos, caso esta condição se verifique; sempre que tal hipótese não seja válida, o algoritmo referente às conclusões 1, 2 e 3 resolve o problema.

O ATF

O ATF é muito mais simples de manipular, pois temos apenas 768 byte para nos preocupar e seguem todos a ordenação das posições PRINT. (Nota aos curiosos: podemos ter alta resolução de cor no Spectrum, criando um ATF equivalente ao DIF e em que cada byte do ATF original corresponde a oito no ATF expandido. Dadas as características da máquina e o desperdício de memória, nunca ninguém produziu uma rotina — que seria algo complicada — para criar este efeito.)

O algoritmo é evidente: cada byte afecta toda uma posição PRINT; logo, o byte análogo em coluna está a uma diferença do byte de referência de um múltiplo de #20.

O único cuidado a ter com estes byte é na sua construção. A página 116 do manual refere a função ATTR que nada mais é do que uma espécie de PEEK. A notação BIN é a melhor para estes byte, pois os bit 0,1 e 2 referem-se à cor da "tinta" (INK); os bit 3,4 e 5 ao "papal" (PAPER); o bit 6 ao "brilho" (BRIGHT) e o bit 7 ao "pisca-pisca" (FLASH). Estes três últimos têm o valor zero quando em "off" ou o valor um quando em "on". A tabela seguinte mostra quais os bit que controlam cada cor:

COR	INK		PAPER
BLACK (PRETO)	XXXXX000	0	XXX000XXX
BLUE (AZUL)	XXXXX001	1	XXX001XXX
RED (VERMELHO)	XXXXX010	2	XXX010XXX
MAGENTA	XXXXX011	3	XXX011XXX
GREEN (VERDE)	XXXXX100	4	XXX100XXX
CYAN	XXXXX101	5	XXX101XXX
YELLOW (AMARELO)	XXXXX110	6	XXX110XXX
WHITE (BRANCO)	XXXXX111	7	XXX111XXX

Simples, não é? Então vá em frente e construa algumas rotinas que lhe permitam fazer ''scroll'' em alta resolução nos quatro sentidos. Se lhe falta a coragem, acompanhe-me no próximo capítulo para ver como se protegem programas.

CAPÍTULO 23

PROTECÇÃO DE SOFTWARE

Finalmente terminou a sua obra prima! Naturalmente, está desejoso de a comercializar e ganhar dinheiro e fama. Mas como evitar que os piratas lhe roubem os proventos de meses de trabalho?

Gostaria de lhe dar um método simples, eficaz e cem por cento seguro, só que, infelizmente, tal método não existe e nenhum programa é inviolável, sendo isto particularmente sentido no Spectrum, devido à forma de implementação do sistema operativo. Assim, lembre-se que nenhum programa é inviolável, desde que o utilizador tenha acesso a código de máquina nesse computador.

O primeiro conselho que lhe dou é tirar uma listagem de boa qualidade do seu programa e garantir os seus direitos de autor (o conhecido ''copyright'') junto das entidades legais competentes. Registe a ideia, o nome do programa e a sua implementação prática, isto é, o programa propriamente dito e o seu texto, se o tiver. Se for o leitor a tratar disto, pagará apenas as taxas legais. Se preferir não ter o trabalho, recorra ao seu advogado ou a uma firma especializada de reconhecida idoneidade.

Seja programa em BASIC, seja em código de máquina, um método geralmente eficaz consiste em, tendo todo o programa em memória, gravar os 64K. Exemplos:

a) programa em BASIC que arranca na linha XXXX: prima, como comando directo, a seguinte linha:

SAVE "NOME" CODE 0,65536: GO TO XXXX

(o motivo de GO TO reside na hipótese de ter as variáveis na memória, mas não definidas no programa; se não for o caso RUN XXXX é suficiente).

b) programa em MC que arranca no endereço XXXX: prima, como comando directo, a seguinte linha:

SAVE "NOME" CODE 0,65536: RANDOMIZE XXXX

Se disse geralmente é porque, por vezes, o STACK fica baralhado com isto.

Outra maneira é fazer uns POKE's a algumas variáveis do sistema, como:

a) POKE 23659,0; elimina as linhas de input e reportagem de mensagens do sistema operativo. Não deve ser usado se for seguido adiante de instruções CLEAR ou CLS, ou se o programa solicitar inputs ou der reportagens nestas linhas, pois a consequência é o crash do sistema.

b) POKE 23613,0; deve ser incluído na primeira linha de BASIC e de preferência ser a primeira instrução. Consequência: tentativas de BREAK limpam toda a memória.

c) POKE 23757,0; POKE 23758,0; inútil para programas que utilizem a INTERFACE 1 e /ou os MICRODRIVES. De resto impede MERGE de programas em BASIC.

A última protecção que referirei refere-se à gravação de programas sem header. Vimos que tal é possível com MC no capítulo 21, quando discutimos algumas rotinas da ROM. Podemos preparar um programa inicial que carregue o verdadeiro programa de modo a que ele leia e despreze um falso header, mas leia e aceite o bloco seguinte, que é o verdadeiro programa, mas sem header algum.

Neste tema podemos fazer inúmeras variantes que, por motivos óbvios, deixarei ao cuidado do leitor.

Consciente de que falei e revelei mais protecções de software para o Spectrum do que qualquer outro autor, termino este capítulo com uma nota breve: há mais!

No capítulo seguinte vamos ver como se usam interrupts.

CAPÍTULO 24

USANDO O MODO 2 DE INTERRUP

No capítulo 16 tivemos a oportunidade de ver os diferentes modos de interrupts e as instruções fundamentais aos mesmos. Agora veremos como construir os três programas necessários para o seu uso. Para tal, construiremos um programa com uma finalidade útil — permitir a leitura de BREAK num programa em MC — pois muitas vezes o erro comum é entrarmos num loop sem fim, do qual só se sai com a perda da informação em memória, desligando o Spectrum.

PROBLEMA: construir uma rotina que coloque o vector desejado no registo I, de modo a passar para essa rotina substituta o controle de uma função específica.

Vamos à tabela de vectores no apêndice, para escolher um apropriado para a versão de 16K e outro para a de 48K, de modo a que a rotina substituta fique tão alta na memória quanto possível. Uma rápida leitura permite-nos constatar que os vectores que nos interessam são, respectivamente, # 28 e # Ø9, iniciando a rotina substituta em #7E5C e # FE69, mais uma vez respectivamente. Iniciaremos a rotina "ON" 2Ø byte antes do endereço escolhido.

ROTINA OFF

```
     16K                              48K

               ORG# 7E4F                           ORG # FE5D
7E4F 3E3E      LD A,# 3E    FE5D 3E3E      LD A,# 3E ; VECTOR EM A
7E51 ED56      IM 1         FE5F ED56      IM 1 ; MODO 1
7E53 ED47      LD I,A       FE61 ED47      LD I,A
7E55 C9        RET          FE63 C9        RET
```

PROBLEMA: Construir uma rotina que nos permita voltar ao modo 1, (o habitual do Spectrum). Colocar a rotina a seguir à rotina "ON".

ROTINA ON

```
          16K                               48K
               ORG# 7E47                  ORG #FE56
7E47 3E28      LD A,# 28    FE56 3EØ9      LD A, # Ø9 ; VECTOR EM A
7E49 ED47      LD I,A       FE58 ED47      LD I,A
7E4B ED5E      IM 2         FE5A ED5E      IM 2 ;          ; MODO 2
7E4E C9        RET          FE5C C9        RET
```

PROBLEMA: Construir uma rotina substituta de interrupt que permita BREAK, sendo obtido premindo SYMBOL SHIFT e SPACE.

ROTINA SUBSTITUTA

16K

```
                    ORG # 7E5C
7E5C FF             RST # 38
7E5D F3             DI
7E5E F5             PUSH AF
7E5F C5             PUSH BC
7E6Ø D5             PUSH DE
7E61 E5             PUSH HL
7E62 DDE5           PUSH IX
7E64 Ø1FE7E         LD BC,# 7EFE
7E67 ED78           IN A,(C)
7E69 FEFC           CP # FC
7E71 28Ø8           JR Z,BREAK
7E73 DDE1           POP IX
7E75 E1             POP HL
7E76 D1             POP DE
7E77 C1             POP BC
7E78 F1             POP AF
7E79 FB             EI
7E7A C9             RET
7E7B Ø1FE7E BREAK   LD BC,#7EFE
7E7E ED78           IN A,(C)
7E8Ø FEFC           CP # FC
7E82 28F7           JR Z,BREAK
7E84 FB             EI
7E85 CF             RST # Ø8
7E86 14             DEFB # 14
```

48K

```
                    ORG # FE69
FE69 FF             RST # 38
FE6A F3             DI
FE6B F5             PUSH AF
FE6C C5             PUSH BC
FE6D D5             PUSH DE
FE6E E5             PUSH HL
FE6F DDE5           PUSH IX
FE71 Ø1FE7E         LD BC,# 7EFE
FE74 ED78           IN A,(C)
FE76 FEFC           CP # FC
FE78 28Ø8           JR Z,BREAK
FE7A DDE1           POP IX
FE7C E1             POP HL
FE7D D1             POP DE
FE7E C1             POP BC
FE7F F1             POP AF
FE8Ø FB             EI
FE81 C9             RET
FE82 Ø1FE7E BREAK   LD BC,# 7EFE
FE85 ED78           IN A,(C)
FE87 FEFC           CP # FC
FE89 28F7           JR Z,BREAK
FE8B FB             EI
FE8C CF             RST # Ø8
FE8D 14             DEFB # 14
```

O uso da rotina é simples: ligamos ou desligamos a rotina substituta com RANDOMIZE USR NNNNN, conforme apropriado. A partir do momento em que o interrupt está ligado, premindo SYMBOL SHIFT e SPACE simultaneamente fará BREAK, com a mensagem de erro apropriado. Note, no entanto, que qualquer tentativa de usar este programa conjuntamente com outro que recorra a interrupts, terá como resultado um provável crash ou RESET do sistema!

de usar este programa conjuntamente com outro que recorra a interrupts, terá como resultado um provável crash ou REST do sistema!

Reparou que a rotina testa duas vezes a combinação que permite o BREAK (que funciona mesmo com MC): a primeira passa o controle para a rotina de BREAK, caso a combinação tenha sido premida; a segunda aguarda que se retire os dedos da dita combinação antes de fazer o BREAK. Note também na leitura do teclado (RST # 38) antes do DI e os PUSH's e POP's para permitir reentrância. A leitura é confirmada com IN A,(C). Finalmente a directiva DEFB indica qual o erro ao sistema operativo.

Sempre que usar a tecla SYMBOL SHIFT e qualquer outra, ouvirá o som de memória cheia. Não se preocupe: isto deve-se à passagem pelo interrupt.

Sugestão: construa uma rotina substituta que lhe permita tirar cópias na impressora (se a tem) do estado do écran num momento qualquer.

No próximo capítulo vamos ver alguma coisa sobre o uso da calculadora de vírgula flutuante do Spectrum.

CAPÍTULO 25

A CALCULADORA

Importa dizer desde já que este capítulo e o próximo se destinam ao leitor com alguma proficiência em MC. Aqueles que estão ainda nos seus primeiros passos terão, provavelmente, uma certa dificuldade em assimilar o que aqui se dirá. Para eles, estes capítulos finais são de interesse imediato limitado, pois a calculadora do Spectrum é constituída por rotinas algo complexas.

A calculadora tem 82 rotinas e compreende uma zona de memória e um stack próprios. Sem ela, o Spectrum seria uma máquina muito pobre.

O acesso à calculadora faz-se através da instrução RST # 28, sendo esta seguida de bytes definidos que indicam as rotinas que vão ser usadas. O último byte definido é SEMPRE # 38 (fim de cálculo).

O stack da calculadora é similar ao stack do Z8Ø. O seu endereço base pode ser recolhido na variável do sistema STKBOT (de STacK BOTtom) e a variável STKEND indica o endereço do primeiro byte livre acima do stack. Assim, se este estiver vazio ambos os endereços serão iguais. Tal como o stack do Z8Ø, o stack da calculadora não ficará muito feliz se tentar tirar de lá valores quan-

do não tem nenhum ou deixar lá "restos" não usados. Podemos usar o stack para colocarmos números de 5 byte ou descritores de 5 byte de strings, para que a calculadora os manipule.

A zona de memória da calculadora tem 3Ø byte reservados na área das variáveis do sistema (MEMBOT). Estes 3Ø byte podem ser colocados noutro ponto qualquer da RAM do utilizador, fazendo os POKE's adequados à variável MEM (23656 e 23657). De modo análogo ao stack, esta zona permite conter valores de 5 byte, mas até um máximo de seis. Seguindo a nomenclatura do livro "THE COMPLETE SPECTRUM ROM DISASSEMBLY", que já tive a a oportunidade de recomendar, chamaremos a cada conjunto de 5 byte "mem — Ø, mem — 1, mem — 2, mem — 3, mem — 4 e mem — 5".

Para colocarmos valores no stack temos um grupo de rotinas, a saber:

a) Inteiros entre Ø e 255 — Coloque o valor no Acumulador e chame a rotina STACK — A, # 2D28.

b) Inteiros entre Ø e 65535 — Coloque o valor do par BC e chame a rotina STACK — BC, em # 2D2B.

c) Números de vírgula flutuante (formato 5 bytes, conforme descrito nas pág.s 169 — 17Ø do Manual do Spectrum) — Coloque o expoente no Acumulador e a mantissa de 4 byte nos registos B, C, D e E e chame a rotina # 2AB6, STK — STORE.

d) Descritores de strings — Coloque o início em DE e o comprimento em BC e chame a rotina STACK — STORE, em # 2AB6.

Como se vê, a rotina STACK — STORE da ROM é usada tanto para os descritores das strings como para números de vírgula flutuante. As rotinas para retirar valores do stack da calculadora são:

a) Inteiros entre Ø e 255 — Chame a rotina FP — TO — A, em # 2DD5, que comprimirá o valor do topo do stack no Acumulador. Se a compressão não for bem sucedida (o valor comprimido

não cabe no Acumulador), a Carry flag será igual a 1, ficando reset (igual a zero) se tudo correr bem.

b) Inteiros entre Ø e 65535 — A rotina a chamar é a FP — — TO — BC em # 2DA2, que comprimirá o valor no par BC. A Carry flag comporta-se como na rotina FP — TO — A, indicando ou não o excesso.

c) Números de vírgula flutuante ou descritores de strings — Chamando STK — FETCH, em # 2BF1, poderá recolher do stack um valor de 5 byte, que será colocado nos registos A, B, C, D e E.

d) Impressão de um valor como número decimal — Chamando PRINT — FP, em # 2DE3, retirará o valor do topo do stack e imprimi-lo-á na posição PRINT adequada, na notação decimal.

O uso da área de memória da calculadora é feito recorrendo a literais (bytes definidos). Enunciemos brevemente as rotinas da calculadora.

LITERAL MNEMÓNICA	FUNÇÃO
# ØØ JUMP — TRUE	Executa um salto condicional se o número endereçado por DE for verdadeiro.
# Ø1 EXCHANGE	Troca de posição os dois números do topo do stack.
# Ø2 DELETE	"Apaga" o número no topo do stack.
# Ø3 SUBTRACT	Muda o sinal do subtraendo e continua em ADDITION.
# Ø4 MULTIPLY	Executa a multiplicação dos dois primeiros números.
# Ø5 DIVISION	Executa a divisão de dois números de vírgula flutuante (nota: esta rotina tem um "bug": o byte da ROM # 32ØØ devia conter # DA e não # E1.
# Ø6 TO — POWER	Eleva o primeiro número, ×, à potência do segundo, y.
# Ø7 OR	Executa a operação binária × OR y, dando × se y= Ø ou 1 se y for diferente de zero.
# Ø8 NO — & — NO	Executa a operação binária × AND y, dando × se y for diferente de zero e o valor zero se y for igual a zero.
# Ø9 NO — L — EQL	Operação de comparação × menor ou igual a y.
# ØA NO — GR — EQ	Operação de comparação × maior ou igual a y.
# ØB NOS — NEQL	Operação de comparação × diferente de y.
# ØC NO — GRTR	Operação de comparação × maior que y.
# ØD NO — LESS	Operação de comparação × menor que y.
# ØE NOS — EQL	Operação de comparação × igual a y.
# ØF ADDITION	Executa a adição de dois números de vírgula flutuante.
# 1Ø STR — & — NO	Executa a operação binária × $ AND y, dando × $ se y for diferente de zero ou string nula no caso contrário.
# 11 STR — L — EQL	Estas rotinas, prefixadas pelos literais
# 12 STR — GR — EQ	entre # 11 e # 16, são análogas às prefixadas
# 13 STRS — NEQL	pelos literais de # Ø9 a # ØE, mas onde os
# 14 STR — GRTR	termos de comparação são strings (ou melhor,
# 15 STR — LESS	descritores de strings) e não números
# 16 STRS — EQL	propriamente ditos.
# 17 STRS — ADD	Executa a operação binária × $ + y$.
# 18 VAL$	Executa a função VAL$ × $ do BASIC.
# 19 USR — $	Executa a função USR × $ do BASIC.
# 1A READ — IN	Esta rotina permite a leitura de dados através de streams diferentes

9

	dos standard no Spectrum.
# 1B NEGATE	Troca o sinal do número (''unary minus'').
# 1C CODE	Executa a função CODE× $ do BASIC.
# 1D VAL	Executa a função VAL× do BASIC.
# 1E LEN	Executa a função LEN× $ do BASIC.
# 1F SIN	Executa a função SIN× do BASIC.
# 2Ø COS	Executa a função COS× do BASIC.
# 21 TAN	Executa a função TAN× do BASIC.
# 22 ASN	Executa a função ASN× do BASIC.
# 23 ACS	Executa a função ACS× do BASIC.
# 24 ATN	Executa a função ATN× do BASIC.
# 25 LN	Executa a função LN× do BASIC.
# 26 EXP	Executa a função EXP× do BASIC.
# 27 INT	Executa a função INT× do BASIC.
# 28 SQR	Executa a função SQR× do BASIC.
# 29 SGN	Executa a função SGN× do BASIC.
# 2A ABS	Executa a função ABS× do BASIC.
# 2B PEEK	Executa a função PEEK× do BASIC.
# 2C IN	Executa a função IN× do BASIC (usa IN,A(C))
# 2D USR — NO	Executa a função USR× do BASIC.
# 2E STR$	Executa a função STR$× do BASIC.
# 2F CHR$	Executa a função CHR$× do BASIC.
# 3Ø NOT	Dá resultado 1 se o valor do topo do stack for maior que zero e zero nos restantes casos
# 31 DUPLICATE	Duplica o primeiro número do stack.
# 32 N — MOD — M	Sendo m um inteiro positivo no topo do stack e n o segundo valor do stack, também inteiro, esta rotina coloca no topo do stack o quociente inteiro INT (n /m) e no segundo lugar o resto n — INT (n /m).
# 33 JUMP	Executa um salto incondicional.

# 34 STK — DATA	Esta subrotina coloca no topo do stack um número de vírgula flutuante que lhe seja fornecido como 2, 3, 4, ou 5 literais.
# 35 DEC — JR — NZ	Efectua uma operação DJNZ, mas o contador não é o registo B, antes a variável do sistema operativo BREG.
# 36 LESS — Ø	Retorna no topo do stack o valor 1 se o último valor for menor que zero ou zero nos outros casos.
# 37 GREATER — Ø	Retorna no topo do stack o valor 1 se o último valor for maior que zero ou zero nos casos restantes.
# 38 END — CALC	Termina uma chamada a RST # 28
# 39 GET — ARGT	Esta subrotina transforma o argumento× de SIN× ou COS× num valor v.
# 3A TRUNCATE	Retorna no topo do stack o resultado de uma truncagem inteira de× para zero.
# 3B FP — CALC — 2	Esta subrotina é usada pela rotina em # 2757 para fazer uma operação aritmética única.
# 3C E — TO — FP	Esta rotina converte um número na forma×Em, sendo m um inteiro positivo ou negativo, num número de vírgula flutuante. × deve estar no topo do stack e m no Acumulador.
# 3D RE — STACK	O número do topo do stack é passado à forma de vírgula flutuante.
# 31 SERIES	Seguida do literal # 86, # 88 ou # 8C gera a série de polinómios de Chebyshev, para aproximar SIN, ATN, LN e EXP e derivar as funções que delas dependem.
# 3F STK	Seguida dum literal, de # AØ a # A5, coloca a constante, respecti-

	vamente 0, 1, 0.5, PI / 2 e 10, no topo do stack.
# 40 ST — MEM	Seguida dum literal, de # C0 a # C5, copia o número do topo do stack para mem-n, onde n vai de 0 a 5. O stack não é afectado.
# 41 GET — MEM	Seguida dum literal, de # E0 a # E5, copia o número contido em men-n para o topo do stack.

Depois deste breve resumo, vejamos um exemplo simples de uso directo da calculadora.

PROBLEMA: considere que os registos A, B, C, D e E contêm um número no formato de vírgula flutuante. Calcule o valor y, resultante da função y= SIN × /SIN (COS×). Imprima y no écran em formato decimal.

Limitar-me-ei a dar a listagem em Z80 Assembler, uma vez que o leitor beneficiará do exemplo como ilustração do uso da calculadora. Note que a sua maior vantagem (no meu entender) é processar funções complicadas.

Para resolvermos o problema, a calculadora deverá calcular:

a) SIN×
b) COS×
c) SIN (COS ×)
d) SIN× /SIN (COS×)
e) imprimir o resultado em decimal.

PROGRAMA

```
FUNÇAO CALL # 2AB6   ; o número é colocado no stack
       RST # 28      ; entrada na calculadora
       DEFB # 31     ; duplica
       DEFB # 1F     ; SIN×
       DEFB # 01     ; troca: SIN× é o segundo valor
       DEFB # 20     ; COS ×
       DEFB # 1F     ; SIN (COS× )
       DEFB # 05     ; divisão SIN× /SIN (COS× )
```



```
       DEFB # 38     ; fim de cálculo
PRINT  CALL # 2DE3   ; imprime número no écran
       RET
```

Como se pode ver, o seu uso é simples, desde que se tenha cuidado com a ordenação dos números no stack, isto é, desde que realize as operações de trás para a frente, como no exemplo.

O último capítulo tratará dos algarismos de divisão e multiplicação.

CAPÍTULO 26

MULTIPLICANDO E DIVIDINDO

Como é do conhecimento do leitor, qualquer operação é redutível à adição, dentro do quadro aritmético. Como tal, a multiplicação e a divisão nada mais são do que somas (ou subtracções) sucessivas, isto é uma série de iterações ou loops.

O algoritmo que veremos prende-se com a resolução binária dos problemas. No caso da multiplicação, temos o problema de multiplicar por zero ou por um. Salta à vista que no primeiro caso obtemos zero e no segundo obtemos o multiplicando; isto traduz-se no algoritmo:

SE O PRESENTE BIT DO MULTIPLICADOR É 1, SOMA-SE O MULTIPLICANDO AO PRODUTO PARCIAL.

Se queremos que as coisas corram bem, teremos de considerar o alinhamento correcto dos números (tal como quando fazemos a multiplicação à mão). Para isso, bastam duas operações:

a) Fazer um SHIFT à esquerda de um bit ao multiplicador para que o bit a examinar fique na Carry flag;

b) Fazer um SHIFT à esquerda de um bit ao produto para que a adição seguinte seja correctamente alinhada.

PROBLEMA: multiplique um número de 8 - bit (sem sinal), colocado em # 9C40, pelo número de 8 - bit (sem sinal), colocado em # 9C41. Coloque o resultado em # 9C42 - # 9C43 (LSB primeiro). O programa deve ser relocatável.

```
        LD HL,# 9C40    ; inicializar HL
        LD E, (HL)      ; transferir multiplicando para E
        LD D,# 00       ; expandindo para 16-bit
        INC HL
        LD A,(HL)       ; multiplicador em A
        INC HL
        PUSH HL         ; guardar no stack o destino do resultado
        LD HL,# 00      ; produto= zero
        LD B,# 08       ; contador
MULTIP  ADD HL,HL       ; alínea b em efeito
        RLA             ; alínea a em efeito
        JR NC, LOOP     ; a carry do multiplicador é 1?
        ADD HL,DE       ; sim. Soma multiplicando ao produto
LOOP    DJNZ, MULTIP
        EX DE,HL        ; produto em DE
        POP HL          ; destino do resultado
        LD (HL),E       ; guarda LSB
        INC HL
        LD (HL),D       ; guarda MSB
        RET
```

Conforme expresso, o programa é relocatável. Mudando apenas a inicialização de HL, podemos recolher os números e colocar o resultado noutro ponto qualquer da memória.

A divisão obtém-se pela subtracção sucessiva, até ao ponto em que o que resta do dividendo é inferior ao divisor, obtendo-se assim o resto. Uma vez que estamos a proceder a operações binárias, o problema assenta em sabermos se o bit do quociente será zero ou um (se o que resta do dividendo pode ser subtraído do divisor ou não). Donde o algoritmo:

SE O DIVISOR PUDER SER SUBTRAÍDO DOS OITO BIT MAIS SIGNIFICATIVOS DO DIVIDENDO SEM "BORROW" (CARRY= 1), O BIT CORRESPONDENTE DO QUOCIENTE SERÁ 1; DE OUTRO MODO, SERÁ 0.

Analogamente à multiplicação, há que alinhar o dividendo e o quociente, fazendo SHIFT à esquerda a ambas antes de cada tentativa de subtracção. Uma vez que 1 bit do dividendo é eliminado ao mesmo tempo que é determinado 1 bit do quociente, ambos podem partilhar um registo de 16 - bit.

PROBLEMA: divida um número de 16-bit (sem sinal), colocado em # 9C40 (LSB) e # 9C41 (MSB) pelo número de 8-bit (sem sinal), colocado em # 9C42. Coloque o quociente em # 9C43 e o resto em # 9C44. O programa deve ser relocatável.

```
        LD HL,# 9C40   ; inicializar HL
        LD E, (HL)     ; transferir LSB do dividendo para E
        INC HL
        LD D, (HL)     ; transferir MSB do dividendo para D
        INC HL
        LD A,(HL)      ; transferir divisor para A
        INC HL
        EX DE, HL      ; guardar em DE o destino do quociente e
                       ; em HL o dividendo
        LD C, A        ; divisor em C
        LD B,# 08      ; contador
DIVISA  ADD HL,HL      ; shift à esquerda em efeito
        LD A,H
        SUB C          ; o divisor pode ser subtraído?
        JR C,LOOP      ; não. Segue para LOOP
        LD H,A         ; sim. Subtraia divisor do dividendo e
        INC L          ; some 1 ao quociente
LOOP    DJNZ,DIVISA
        EX DE, HL      ; quociente e resto em DE
        LD (HL), D     ; guarda quociente na memória
        INC HL
        LD (HL), E     ; guarda o resto na memória
        RET
```


É evidente que, para divisões mais longas usaríamos a instrução SBC HL. Note que este programa obedece, nas suas linhas gerais, ao mesmo tipo de raciocínio que especifiquei no início: todas as operações aritméticas são redutíveis à adição.

Terminamos aqui esta "visita guiada" ao Z80 Assembler, com particular incidência no ZX SPECTRUM, como suporte de hardware. Não fique por aqui! Consulte a bibliografia, onde poderá encontrar obras mais avançadas do que esta e que contribuirão para o seu aperfeiçoamento no domínio do CPU de 8 - bit mais complicado do mercado de hoje.

BIBLIOGRAFIA

LEVENTHAL, LANCE A. — Z80 ASSEMBLY LANGUAGE PROGRAMMING
OSBORNE /MCGRAW — HILL, U.S.A., 1979

LEVENTHAL, LANCE A, & SAVILLE, WINTHROP — Z80 ASSEMBLY LANGUAGE SUBROTINES OSBORNE /MCGRAW — HILL, U.S.A., 1983

LOGAN, DR. IAN & O'HARA, DR. FRANK — THE COMPLETE SPECTRUM ROM DISASSEMBLY MELBOURNE HOUSE PUBLISHERS UNITED KINGDOM, 1983

TABELA DE CONVERSÃO DECIMAL — HEXADECIMAL
LSB: DECIMAL 0 — 255 HEXADECIMAL 00 — FF

DEC.	HEX.	DEC.	HEX.	DEC.	HEX.	2'sC.	DEC.	HEX.	2'sC.
0	00	64	40	128	80	- 128	192	C0	- 64
1	01	65	41	129	81	- 127	193	C1	- 63
2	02	66	42	130	82	- 126	194	C2	- 62
3	03	67	43	131	83	- 125	195	C3	- 61
4	04	68	44	132	84	- 124	196	C4	- 60
5	05	69	45	133	85	- 123	197	C5	- 59
6	06	70	46	134	86	- 122	198	C6	- 58
7	07	71	47	135	87	- 121	199	C7	- 57
8	08	72	48	136	88	- 120	200	C8	- 56
9	09	73	49	137	89	- 119	201	C9	- 55
10	0A	74	4A	138	8A	- 118	202	CA	- 54
11	0B	75	4B	139	8B	- 117	203	CB	- 53
12	0C	76	4C	140	8C	- 116	204	CC	- 52
13	0D	77	4D	141	8D	- 115	205	CD	- 51
14	0E	78	4E	142	8E	- 114	206	CE	- 50
15	0F	79	4F	143	8F	- 113	207	CF	- 49
16	10	80	50	144	90	- 112	208	D0	- 48
17	11	81	51	145	91	- 111	209	D1	- 47
18	12	82	52	146	92	- 110	210	D2	- 46
19	13	83	53	147	93	- 109	211	D3	- 45
20	14	84	54	148	94	- 108	212	D4	- 44
21	15	85	55	149	95	- 107	213	D5	- 43
22	16	86	56	150	96	- 106	214	D6	- 42
23	17	87	57	151	97	- 105	215	D7	- 41
24	18	88	58	152	98	- 104	216	D8	- 40
25	19	89	59	153	99	- 103	217	D9	- 39
26	1A	90	5A	154	9A	- 102	218	DA	- 38
27	1B	91	5B	155	9B	- 101	219	DB	- 37
28	1C	92	5C	156	9C	- 100	220	DC	- 36
29	1D	93	5D	157	9D	- 99	221	DD	- 35
30	1E	94	5E	158	9E	- 98	222	DE	- 34
31	1F	95	5F	159	9F	- 97	223	DF	- 33

32	20	96	60	160	A0	-96	224	E0	-32
33	21	97	61	161	A1	-95	225	E1	-31
34	22	98	62	162	A2	-94	226	E2	-30
35	23	99	63	163	A3	-93	227	E3	-29
36	24	100	64	164	A4	-92	228	E4	-28
37	25	101	65	165	A5	-91	229	E5	-27
38	26	102	66	166	A6	-90	230	E6	-26
39	27	103	67	167	A7	-89	231	E7	-25
40	28	104	68	168	A8	-88	232	E8	-24
41	29	105	69	169	A9	-87	233	E9	-23
42	2A	106	6A	170	AA	-86	234	EA	-22
43	2B	107	6B	171	AB	-85	235	EB	-21
44	2C	108	6C	171	AC	-84	236	EC	-20
45	2D	109	6D	173	AD	-83	237	ED	-19
46	2E	110	6E	174	AE	-82	238	EE	-18
47	2F	111	6F	175	AF	-81	239	EF	-17
48	30	112	70	176	B0	-80	240	F0	-16
49	31	113	71	177	B1	-79	241	F1	-15
50	32	114	72	178	B2	-78	242	F2	-14
51	33	115	73	179	B3	-77	243	F3	-13
52	34	116	74	180	B4	-76	244	F4	-12
53	35	117	75	181	B5	-75	245	F5	-11
54	36	118	76	182	B6	-74	246	F6	-10
55	37	119	77	183	B7	-73	247	F7	-9
56	38	120	78	184	B8	-72	248	F8	-8
57	39	121	79	185	B9	-71	249	F9	-7
58	3A	122	7A	186	BA	-70	250	FA	-6
59	3B	123	7B	187	BB	-69	251	FB	-5
60	3C	124	7C	188	BC	-68	252	FC	-4
61	3D	125	7D	189	BD	-67	253	FD	-3
62	3E	126	7E	190	BE	-66	254	FE	-2
63	3F	127	7F	191	BF	-65	255	FF	-1

TABELA DE CONVERSÃO DECIMAL — HEXADECIMAL
MSB: DECIMAL 0 — 65280 HEXADECIMAL 00 — FF

DEC.	HEX.	DEC.	HEX.	DEC.	HEX.	DEC.	HEX.
0	00	16384	40	32768	80	49152	C0
256	01	16640	41	33024	81	49408	C1
512	02	16896	42	33280	82	49664	C2
768	03	17152	43	33536	83	49920	C3
1024	04	17408	44	33792	84	50176	C4
1280	05	17664	45	34048	85	50432	C5
1536	06	17920	46	34304	86	50688	C6
1792	07	18176	47	34560	87	50944	C7
2048	08	18432	48	34816	88	51200	C8
2304	09	18688	49	35072	89	51456	C9
2560	0A	18944	4A	35328	8A	51712	CA
2816	0B	19200	4B	35584	8B	51968	CB
3072	0C	19456	4C	35840	8C	52224	CC
3328	0D	19712	4D	36096	8D	52480	CD
3584	0E	19968	4E	36352	8E	52736	CE
3840	0F	20224	4F	36608	8F	52992	CF
4096	10	20480	50	36864	90	53248	D0
4352	11	20736	51	37120	91	53504	D1
4608	12	20992	52	37376	92	53750	D2
4864	13	21248	53	37632	93	54016	D3
5120	14	21504	54	37888	94	54272	D4
5376	15	21760	55	38144	95	54528	D5
5632	16	22016	56	38400	96	54784	D6
5888	17	22272	57	38656	97	55040	D7
6144	18	22528	58	38912	98	55296	D8
6400	19	22784	59	39168	99	55552	D9
6656	1A	23040	5A	39424	9A	55808	DA
6912	1B	23296	5B	39680	9B	56064	DB
7168	1C	23552	5C	39936	9C	56320	DC
7424	1D	23808	5D	40192	9D	56576	DD
7680	1E	24064	5E	40448	9E	56832	DE
7936	1F	24320	5F	40704	9F	57088	DF

8192	20	24576	60	40960	A0	57344	E0
8448	21	24832	61	41216	A1	57600	E1
8704	22	25088	62	41472	A2	57856	E2
8960	23	25344	63	41728	A3	58112	E3
9216	24	25600	64	41984	A4	58368	E4
9472	25	25856	65	42240	A5	58624	E5
9728	26	26112	66	42496	A6	58880	E6
9984	27	26368	67	42752	A7	59136	E7
10240	28	26624	68	43008	A8	59392	E8
10496	29	26880	69	43264	A9	59648	E9
10752	2A	27136	6A	43520	AA	59904	EA
11008	2B	27392	6B	43776	AB	60160	EB
11264	2C	27648	6C	44032	AC	60416	EC
11520	2D	27904	6D	44288	AD	60672	ED
11776	2E	28160	6E	44544	AE	60928	EE
12032	2F	28416	6F	44800	AF	61184	EF
12288	30	28672	70	45056	B0	61440	F0
12544	31	28928	71	45312	B1	61696	F1
12800	32	29184	72	45568	B2	61952	F2
13056	33	29440	73	45824	B3	62208	F3
13312	34	29696	74	46080	B4	62464	F4
13568	35	29952	75	46336	B5	62720	F5
13824	36	30208	76	46592	B6	62976	F6
14080	37	30464	77	46848	B7	63232	F7
14336	38	30720	78	47104	B8	63488	F8
14592	39	30976	79	47360	B9	63744	F9
14848	3A	31232	7A	47616	BA	64000	FA
15104	3B	31488	7B	47872	BB	64256	FB
15360	3C	31744	7C	48128	BC	64512	FC
15616	3D	32000	7D	48384	BD	64768	FD
15872	3E	32256	7E	48640	BE	65024	FE
16128	3F	32512	7F	48896	BF	65280	FF

TABELA DE ESCOLHA DE ENDEREÇO PARA ROTINA DE INTERRUPT

(MODO 2)

FÓRMULA: I * 265 + 255 — O valor obtido será o endereço do byte que, conjuntamente com o imediatamente a seguir, darão o endereço da rotina substituta.
NOTA: este valor terá de ser recolhido na ROM para não criar "neve" no écran.

EXEMPLO: I= 9 — (End. 2559 decimal (na ROM) byte 2559= # 69; byte 2560= # FE ou seja, a rotina substituta começa em # FE69 ou 65129 decimal.

VALORES PARA I (VECTORES)		INÍCIO DA ROTINA SUBSTITUTA	
DEC.	HEX.	DEC.	HEX.
1	01	52818	CE52
2	02	22269	56FD
3	03	39020	986C
6	06	29149	71DD
9	09	65129	FE69
10	0A	32802	8022
11	0B	58888	E608
12	0C	53183	CFBF
14	0E	52503	CD17
15	0F	27928	6D18
16	10	51984	CB10
18	12	52481	CD01

19	13	49749	C255
20	14	25705	6469
21	15	51673	C9D9
22	16	51568	C970
25	19	23842	5D22
28	1C	49947	C31B
30	1E	26573	67CD
32	20	52513	CD21
33	21	33485	82CD
35	23	49537	C181
40	28	32348	7E5C
41	29	58154	E32A
48	30	60208	EB30
49	31	57640	E128
53	35	57124	DF24
54	36	34307	8603
55	37	41231	A10F

GLOSSÁRIO DE TERMOS E ABREVIATURAS

ASSEMBLER — linguagem de nível 1. Corresponde a Código de Máquina na razão de 1 para 1.

BIT — unidade mínima de informação. Deriva de BInary digiT. Um bit corresponde a um sinal ou a uma ausência de sinal, no caso a uma voltagem ou ausência de voltagem. Representa-se o seu estado pela notação binária: 0 para ausência de sinal (bit reset), 1 para presença de sinal (bit set).

BYTE — conjunto de oito bit. Um byte permite designar qualquer número entre 0 e 255, isto é, permite representar 256 códigos de informação distintos. Note que dois byte podem representar, como número máximo, 65535.

CÓDIGO DE MÁQUINA — abreviado MC ou M/C. Linguagem de nível 0. É a linguagem do microprocessador e nada tem de humano.

ENDEREÇO — por endereço entende-se um número de 2 byte que designa um local de memória. Ex: o endereço 23296 marca o início do buffer da impressora.

FONTE — também designado programa-fonte (do inglês source). Programa numa linguagem de nível 1 ou superior.

LSB — do inglês Less Significant Byte, ou seja, o byte menos significativo. Também designado por LOB. Considerando o endereço # 9C40 # 40 é o LSB.

MSB — do inglês Most Significant Byte, ou seja, o byte mais significativo. Também designado por HOB. Considerando o endereço # 9C40,# 9C é o MSB.

NIBBLE — meio byte (4 bit).

NOTAÇÃO BINÁRIA — sistema numérico de base 2, cujos algarismos são 0 e 1. Ex: o número 5 decimal representa-se por 101 em binário. Um número nesta notação e precedido por % ou seguido de B. Ex: %101 = 101B = 5 decimal.

NOTAÇÃO DECIMAL — sistema numérico de base 10, usado pelo comum dos mortais. Os números nesta notação ou são seguidos de DEC. ou (a maior parte das vezes) apresentados sem sufixos ou prefixos. Ex: 35000.

ABREVIATURAS

dado ou data — um número de 8-bit.
dado16 ou data16 — um número de 16-bit.
d — deslocamento (offset).
end — endereço de memória.
flag: C — Carry
Z — Zero
S — Sign (sinal)
P/O — Parity /Overflow (paridade /excesso)
AC — Carry Auxiliar
N — Substract

flag: estado: NA — não afectada
0 — toma o valor 0 (reset)
1 — toma o valor 1 (set)
X — modificada de modo a reflectir o resultado da operação
? — efeito desconhecido

indreg — registo de indexamento (IY ou IX).
par — par de registos (BC, DE, HL ou AF).
pareg — par de registos (BC, DE, HL ou SP).
(NN) — valor do conteúdo do byte contido entre parêntesis, podendo ser de 8 ou 16 bit, conforme o operador.

NOTAÇÃO HEXADECIMAL — sistema numérico de base 16; usa os algarismos de 0 a 9 e as letras de A a F. Os números nesta notação são precedidos por # ou seguidos de H ou HEX. Ex: # 5B00= 5B00H= 5B00 HEX.

OCTETO — conjunto de 8 byte.

RAM — do inglês Random Access Memory (memória de acesso aleatório). Designa o tipo de memória que pode ser lida, apagada e escrita. O seu conteúdo perde-se se o computador for desligado. Em termos práticos é a memória que o utilizador tem disponível para uso.

ROM — do inglês Read Only Memory (memória de leitura). Designa a memória que pode ser lida, mas não apagada ou re-escrita. A falta de energia não a afecta. Contém o sistema operativo do Spectrum.

Z80 — nome do microprocessador usado pelo Spectrum. É um processador de 8-bit, isto é, a unidade de palavra é de 8-bit de comprimento.

ÍNDICE

Este livro acabou de se imprimir
em 1985
para a
EDITORIAL PRESENÇA, LDA.
na
Empresa Gráfica Feirense, Lda.
Vila da Feira